

Air pollution

الدكتور

هاشم محمد صالح

للنشر والتوزيع

دارالرواد

تلـوث الهـواء

تلـوث الهـواء

تأليف

الدكتور

هاشم محمد صالح

الطبعة الأولى

2014م –1435هـ



رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية (2012/5/1592)

363.739

صالح، هاشم محمد

تلوث الهواء/ هاشم محمد صالح.- عمان: مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع، 2012

(   ) ص

ر.إ. : 2012/5/1592

الواصفات: /تلوث الهواء

- يتحمل المؤلف كامل المسؤولية القانونية عن محتوى مصنفه ولا يعبر هذا المصنف عن رأي دائرة المكتبة الوطنية أو أي جهة حكومية أخرى.

الطبعة العربية الأولى

2014م – 1435هـ



عمان – وسط البلد – ش. السلط – مجمع الفحيص التجاري

تلفاكس 4632739 ص.ب. 8244 عمان 11121 الأردن

عمان – ش. الملكة رانيا العبد الله – مقابل كلية الزراعة –

مجمع زهدي حصوة التجاري

www: muj-arabi-pub.com

Email: Moj_pub@hotmail.com

ISBN 978-9957-83-163-9 (ردمك)

فهرس المحتويات

الموضوع	الصفحة

تلوث الهواء

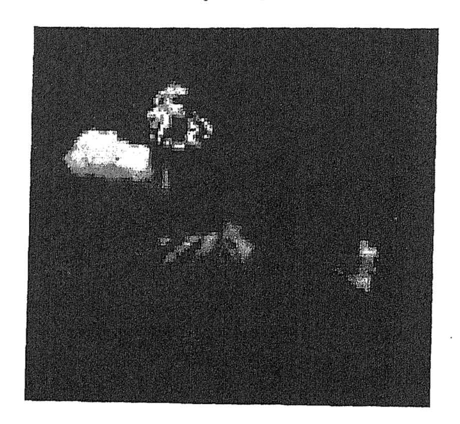
الموضوع	الصفحة

الموضوع	الصفحة

الموضوع	الصفحة

الموضوع	الصفحة

تلـوث الهــواء



مقدمة:

الهواء النقي ضروري للحياة والصحة لأن الإنسان مثله مثل أي كائن حي يحتاج إلى الأكسجين الموجود في الهواء وإلا مات حتى النباتات والزهور إذا منع منها الهواء ماتت كذلك.

إذاً فالهواء عنصر مهم في الاستمرار الحياة والمحافظة عليها فقد يستطيع الإنسان الحياة بدون طعام لمدة أسابيع وبدون ماء لعدة أيام ولكنه لا يستطيع الحياة بدون هواء لبضع دقائق ومن المعلوم إن رئتي الإنسان الطبيعي في الظروف المناخية العادية تحتاج حوالي 15 كيلو جرام من الهواء الجوي خلال 24 ساعة.

والهواء مهم للوظائف الحيوية والاجتماعية والمحافظة على الحياة ويتبعها المحافظة على الكائن البشري صحيحاً قوياً ذا بنية قوية خالية من الأمراض والعلل،

وإذا تلوث الهواء فإن الإنسان يستنشق هواء ملوثا يجعله يعيش ضعيفا وأيضا هـزيلا مصـابا بـالأمراض فتختـل البنيـة الاجتماعيـة للـبلاد، ويكـون التلـوث طبيعيـا أو صناعيا.

فـالتلوث الطبيعـي ينـتج عـن عمليـات طبيعيـة لا دخـل للإنسـان فيهـا مثـل التلـوث الـذي يحـدث في حالـة انفجـار أو ثـورات الـبراكين الـتي تلقـي بـالحمم البركانية والاتربة إلى مسافات بعيدة من سطح الأرض وتغطي مساحات واسعة مـن الأراضي الزراعية والبحار والأنهار وتحدث وفيات لكثير مـن النـاس وتتلـف المحاصـيل الزراعيـة علـى سـطح الأرض وقـاع البحـار وتلـوث الكائنـات الحيـة في الأنهـار والبحـار، ويكون التلوث طبيعيـا مثـل العواصـف الرمليـة الـتي تسـبب منـع الرويـة إتـلاف آلاف المـواد وإحـداث الشـحنات الكهربائيـة مـع تعريـة التربـة وإتـلاف المحاصـيل والزهـور وتساقط الغبار وإحداث الأضرار للكائنات الحية.

ومـن التلـوث الطبيعـي مـا يحـدث عنـد احـتراق الغابـات بـأثر الصـواعق أو الحرائق العامة حيث يحترق مئات بل آلاف الكيلومترات من الغابات الزراعية محدثا أدخنة تلوث الهواء والماء وتنتقل هذه الأدخنة عبر الهواء إلى الإنسان أو الكائن الحي حيث يستنشـق الهـواء الملـوث فيـؤثر علـى الجهـاز التنفسـي ليصـيب الجسـم بـالربو وضيق التنفس والكتمة أو السل الرئوي أو تحدث حساسية وحكة وأمراض جلديـة أو يكون التلوث صناعيا وهـذا التلـوث يحـدث بفعـل وضـع الإنسان وتـدبيره بإرادتـه مثـل تلوث الغرف المغلقة أو الصالات والحافلات والطائرات بدخان السـجائر بأنواعهـا، ولا يخفى التأثير الضار للنيكوتين والسجائر على الإنسان وهذا التأثير الضـار والخطير يؤثر على المدخن وعلى المصاحبين لـه في الجلسة من غير المدخنين مثـل الأطفـال أو النساء أو كبار السن.

ويكـون التلـوث صـناعيا مثـل مـا تحدثـه مصـانع الأسمنـت ومصـانع تكريـر البترول من أتربة وغـازات سـامة تؤثر على المنطقـة حـول هـذه المصـانع وبخاصـة عنـد وجود رياح قوية تدفع بهذه السـموم الفتاكـة للمنـاطق السكنية حـول هـذه المصـانع،

تلوث المناطق بأبخرة الرصاص والزئبق وهذه لها تأثير سام على جسم الإنسان ومن المصائب التي عمت تلوث هواء المدن بعوادم السيارات ومما تحدثه من غازات سامة في سماء المدن الكبرى وخاصة السيارات القديمة والحافلات التي تجوب شوارع المدن ليل نهار وما تفرزه من غازات سامة ناتجة عن حرق البنزين والديزل أو تلوث البحار والأنهار بمياه الصرف الصحي حيث تحدث أضرارا للكائنات الحية في البحار والأنهار قد تؤدي إلى وفاة هذه الأسماك الملوثة، أو يكون تلوث الهواء بالمبيدات الحشرية عند رش المنازل والمزارع بهذه المبيدات التي تنتقل عن طريق الرياح والهواء إلى الجهاز التنفسي للإنسان ومنها إلى الرئتين والكبد فيحصل لها تراكم وتؤدي إلى تلف الرئة أو تليف الكبد.

تغير الهواء وتلوث الهواء يقصد به تغير الهواء في خواصه الطبيعية أو البيولوجية أو الكيميائية حيث أن هذا التغير للهواء يسبب أضرارا وخطورة على الحياة البشرية والكائنات الحية وخاصة الإنسان حيث يحدث أضرارا مباشرة عندما يتلوث الهواء فيستنشقه الإنسان كم أن الماء الملوث تتناوله الحيوانات مثل المواشي والطيور أو تتنفس فيه الأسماك، وعند تناول الإنسان هذا اللحم الملوث أو السمك تسبب له أضرارا وخطورة، كما أن التغير في الهواء يحدث تغيرا في النبات وضررا له، وعند تناول هذا النبات الملوث من قبل الإنسان فانه يسبب له مشاكل، وبذلك يحدث التلوث إضطرابا في الظروف المعيشية بوجه عام، ويحدث كذلك إتلافا للآثار التاريخية والبنية التحتية للبلاد وقد يدمر التلوث الجزء الأكبر من اقتصاد المنطقة بأسرها، وعند تلوث الهواء بأشعة اليورانيوم والأشعة الأخرى الذرية مثل ما حصل باليابان في الحرب العالمية الثانية وكذلك مفاعل الاتحاد السوفيتي النووي عند انفجاره لوث الهواء بالأشعة الذرية المميتة التي أحدثت أمراضا سرطانية وإعاقات مستديمة.

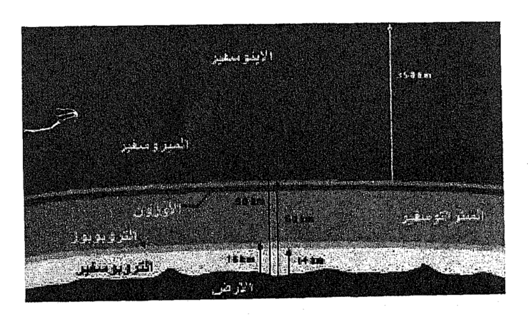
إن تلوث الهواء في الدول الصناعية يختلف عن تلوث الهواء في الدول النامية أو الدول الفقيرة فوجود مئات أو ألوف المصانع في الدول الصناعية جعل مدنها تعيش في حالة سماء مكثفة بالهواء الملوث بغازات عديدة مثل غاز أول أكسيد

الكربـون والمتصـاعد مـن احـتراق الفحـم بأنواعـه كمصـدر للطاقـة أو ملـوث بزيـت الوقود واحتراق هذه المواد يؤدي إلى تكوين غازات تؤدي إلى حساسية مستديمة والى أمـراض مزمنـة في الجهـاز التنفسـي وزيـادة التقـدم الصـناعي للـدول الصـناعية والـدخول في عصـر التكنولوجيا ازدادت الملوثات وهى من نـوع جديد لم يكن معروفا من قبل.

يوجـد بـين الشـمس والأرض الغـلاف الغـازي، وهـو يتكـون مـن مجموعـة مـن الغـازات ويحـيط بـالكرة الأرضـية إحاطـة تامـة وهـو عامـل مـؤثر ومتـأثر عنصـر مـن عناصر المناخ، ويبلغ سمك هذا الغلاف 10000 كيلو متر.

إلا أن 97٪ مـن حجـم الغـازات يتراكـم في جـزء السـفلي مـن هـذا الغـلاف، ويبلـغ سمكـه 29 كيلـو مـترا، ولمسـافة 80 كيلـو مـترا حـول سـطح الأرض يكـون الغلاف متجانساً، مـن حيث نسب مكوناته الغازية المختلفة والتي يمثل النتروجين 78٪ منها وغاز الأكسجين 21٪، أما الباقي – ويمثل 97٪ فيمثل غاز الأرجون 93٪ وثـاني أكسـيد الكربـون 0.03٪ ويعـد غـاز ثـاني أكسـيد الكربـون مـن أهـم مكونـات الهواء حيث يعمل كشبكة من جانب واحد تقوم بامتصاص حرارة الشمس، ويقوم ببثها مرة أخرى إلى الكرة الأرضية في أثناء غياب الشمس.

والغلاف الجوي في الحقيقة ينقسم إلى ثلاثة أجزاء رئيسية:



1. تروبوسفير Troposphere :

ويقصد بالتروبوسفير الطبقة السفلى من الغلاف الغازي، والتي تمتد من سطح الأرض حتى ارتفاع يتراوح بين 8 – 15 كيلو متراً. ويختلف سمك التروبوسفير وغيره من الطبقات في العروض الاستوائية عنها في العروض الوسطى والعليا. وفي هذه الطبقة تقل درجة الحرارة كلما ارتفعنا بمعدل درجة واحدة لكل 150 مترا ومعظم التغيرات اليومية في الظواهر الجوية تقتصر على هذه الطبقة من الغلاف الغازي ولا تتعداها إلى الطبقتين الأخريين. كذلك تحتوي هذه الطبقة على معظم بخار الماء والأكسجين وثاني أكسيد الكربون.

2. طبقة الإستراتوسفير Stratosphere:

تبدأ هذه الطبقة عند خط يسمى Tropopause، وتمتد طبقة الإستراتوسفير من هذا الخط حتى ارتفاع يتراوح بين 55 – 80 كيلو مترا. وتتميز هذه الطبقة بثبات حرارتها وخلوها من العواصف ويمكن تقسيم طبقة الإسترايفير إلى ثلاثة أقسام فرعية، تتميز الأولى (السفلى) بصفاء الجو واستقراره وصلاحيته للطيران، وتعرف الطبقة الوسطى بطبقة الأوزون Ozone layer، وهي طبقة ساخنة تصل درجة حرارتها إلى 95مئوية.

أما الطبقة الثالثة أو الطبقة العليا فهي مكهربة، ولذلك فهي أقل الطبقات الهوائية امتصاصا للموجات اللاسلكية.

3. طبقة الأيونوسفير Ionosphere:

تبدأ هذه الطبقة من ارتفاع 90 كيلو مترا أو أكثر، وتتميز تلك الطبقة العليا بخفة غازاتها، ولذلك يسود فيها غاز الهيدروجين وغاز الهليوم. وقد قدر أن طبقة الأيونوسفير لا يوجد فيها من الغلاف الغازي سوى نسبة ضئيلة جداً من وزنه الكلي تقدر بنحو 1: 30000 فقط.

وعموماً تقل كثافة الهواء بالارتفاع فهي كبيرة قرب السطح وتقل في طبقات العليا من الجو وتقل نسبة الأكسجين عند ارتفاع خمسة كيلومترات ويوجد نصف حجم الهواء المحيط بالأرض في ستة الكيلومترات السفلى الغلاف الجوي.

الهواء النقي:

يمكن أن نسمى الهواء نقياً إذا احتوى على الأكسجين بنسبة 20.94٪ والأرجون بنسبة 0.93٪ وثاني أكسيد الكربون بنسبة قليلة جداً لا تزيد على 0.03 وهذه الغازات الأربعة تكون في مجموعها 99.99٪ من حجم الهواء، وقد يحتوي الهواء على بخار الماء بنسبة من 1٪ إلى 4٪.

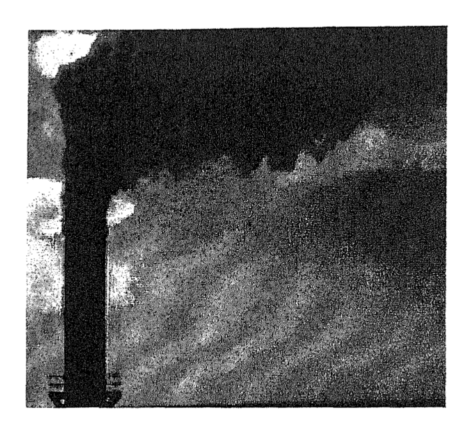
وعادة لا يوجد ثاني أكسيد الكبريت بنسبة تزيد على 0.0001٪ أي حوالي جزء واحد في المليون، ونادراً ما توجد غازات أكاسيد النتروجين وأول أكسيد الكربون. وعادة ما توجد المواد الصلبة مثل الغبار والدخان في الهواء في صورتين:

1. حبيبات أقطارها من 0.1 إلى 30 ميكرونا، وهذه سرعان ما تترسب على الأرض عند هدوء الهواء.
2. حبيبات صغيرة جداً أقطارها تتراوح ما بين 0.01 إلى 0.01 ميكرونا وهي مواد من البراكين والنيازك، والمواد العضوية المتحللة والإشعاع الطبيعي، وقطرات من البحر.

ومن محتويات الهواء المهمة ما يلي:

بخار الماء: تبلغ كمية بخار الماء المبثوثة سنوياً في الهواء500 بليون (مليون مليون) طن حيث تعادل عشر الموجودة على الأرض.

ثاني أكسيد الكربون:



يبث في الهواء من ثاني أكسيد الكربون – سنوياً– ما يعادل 24 بليون(مليون مليون) طن في السنة 95٪ منها واردة من مصادر الطبيعية و5٪ فقط هي نتيجة للنشاط الإنساني.

وعادة تقوم النباتات باستهلاك ثاني أكسيد الكربون في وجود ضوء الشمس والبلاستيدات الخضراء لإنتاج المواد العضوية وتنتج أوكسجينا لازماً للحياة.

الأكسيجين:

تقدر كمية الأكسجين المنتج من النباتات سنوياً بما يعادل 1.200 بليون طن، ويبقى الأكسجين في الهواء لمدة 3800 سنة دون أي تغير فيه.

هذا ويمكن للهواء عن طريق الرياح أن ينقل الملوثات من مناطق إخراجها إلى مناطق غير ملوثة.

الهواء الملوث:

عرف خبراء منظمة الصحة العالمية تلوث الهواء بأنه الحالة التييكون فيها الجو خارج أماكن العمل محتويا على مواد بتركيزات تعد ضارة بالإنسان أو بمكونات بيئية.

وعندما نتكلم عن تلوث الهواء، فإننا نتكلم في الحقيقة عن تلوث الطبقة السطحية من الغلاف الغازي المحيط بالكرة الأرضية والتي تمتد فوق سطح الأرض إلى مسافة تتراوح 1508 كيلو مترا والتي تسمى "تروسفير" وهذه الطبقة هي الطبقة المهمة بالنسبة لمعيشة الأحياء، سواء النباتات أم الحيوانات أم الإنسان، وهذه الطبقة تحتوي على مكونات الهواء، وهي الأكسجين والنتروجين والأرجون، وثاني أكسيد الكربون، وبخار الماء وبعض المواد الأخرى بنسب تختلف حسب مدى نقاء الهواء.

وعادة تقل درجة حرارة الطبقة هذه بمعدل درجة حرارة واحدة كلما ارتفعنا 150 مترا.

والمفروض أن هذه الطبقة الغلاف الجوي تحوي هواء نقياً، إلا أنه – نتيجة للنشاط الإنساني المكثف – تختلف بعض المكونات في هذه الطبقة من الهواء، ويختلف التلوث من مكان إلى أخر، وبرغم ذلك تنتقل الملوثات من مكان إلى أخر ومن أسفل إلى أعلى، وفي جميع الاتجاهات بفعل حركة الهواء لتلوث الهواء في مناطق أخرى.

وتلوث الهواء غالباً ما يرجع إلى عدد من المواد الناتجة من عدة مصادر وليس مادة واحدة.

وعادة ما يكون التلوث ناتجاً من مخلفات عادم السيارات أو ناتجاً ومن مخلفات المصانع أو من النفايات الصلبة والسائلة للإنسان والحيوان والنبات، وتركيز الملوثات في الهواء لا يعتمد فقط على هذه الملوثات، بل يعتمد أيضا على مدى قابلية الجو لامتصاص وتوزيع كميات الملوثات بعيداً عن مصادر إنتاجها.

ولم يكـن تلـوث الهـواء يثير اهتمـام العلمـاء حتـى المدة مـن عـام 1950 وعـام 1960 حيث بدأت تظهر مشكلات تلوث الهواء في الأمـاكـن الصناعية، وانتقلت هـذه المشكلة مـن مشكلة محلية إلى مشكلة عالمية.

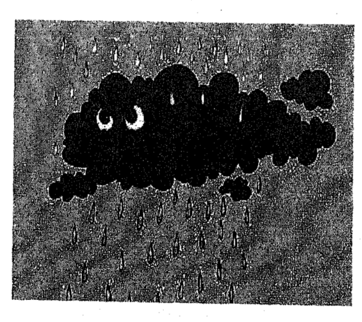
ولقد قدر العلماء مقدار كميات أكاسيد الكبريت الملوثة للهواء الناتجة من النشاط الإنساني بحـوالي 110 ملايين طـن، وبمقـدار الأجـزاء الصلبة في الهـواء بحوالي 59 مليون طن، وكميات أكاسيد الكبريت بحوالي 69 مليـون طـن، ومقـدار أول أكسيد الكربـون بحـوالي 194 مليـون طـن، وكميـات الهيدروكربونات بحـوالي 53 مليـون طـن.

تقسيم ملوثات الهواء:

يقصد بتلـوث الهـواء احتـواء الهـواء الـداخلي In Door أو الخـارجي Out Door علـى ملـوث أو عـدة ملوثـات بكميـات مـوثـرة، ولفـترة زمنيـة قـد يكـون لهـا تـأثير على صحة الإنسان أو النبات أو الحيوان أو المحيط الذي يعيش فيه الإنسان.

وعادة ما تقسم ملوثات الهواء إلى عدة أنواع:

1) ملوثات أولية:



وهـي الملوثـات الـتي يـتم بثهـا مـن مصـدر وتبقـى كمـا هـي في الجـو دون أدنـى تغير.

2) ملوثات ثانوية:

وهـي الملوثـات الـتي يـتم تحويـلها في الجـو إلى مـركبـات أخـرى خـلال بعـض التفـاعلات، وقـد تكـون هـذه التفـاعلات مـع مـواد موجـودة طبيعيـاً في الجـو ويمكـن أن تكـون ملوثـات أخـرى، ومثـال هـذا التفـاعـل الضـوء كيمـاوي تكـون الأوزون، ومثـال التفاعل اللاضوئي كيمياوى التحلل المائي والأكسدة.

التقسيم حسب حالة الملوث:

وهنا تقسم الملوثات إلى ما يلي:

1. ملوثات غازية:

وهي تلوث الهواء الجوي، ويوجد مثيل لها في الهواء الجوي.

2. حبيبات عالقة ملوثة:

وهي إما سوائل وإما مـواد صلبة والمعروف أن الحبيبات ذات الأقطـار الكبيرة ترسب على مسافة بسيطة وسرعة وتوقع ضررها بجوار مصدر بثها، وهناك الحبيبات متوسطة الحجم والتي يمكن أن تسافر إلى مسافات أكبر، ولكنهـا ترسـب في أمـاكن بعيدة نوعاً من مناطق بثها.

أما النوع الثالث فهو ذو الحبيبات الدقيقة والتي عادة تبقى معلقة في الجو وتنقل بالرياح إلى مسافات بعيدة جداً.

ومـن أمثلـة السـوائل: الضبـاب والإيروسـولات، ومـن أمثلـة المـواد الصـلبة: الأدخنة والغيوم.

التقسيم على حسب التركيب الكيمياوي:

1. ملوثات عضوية:

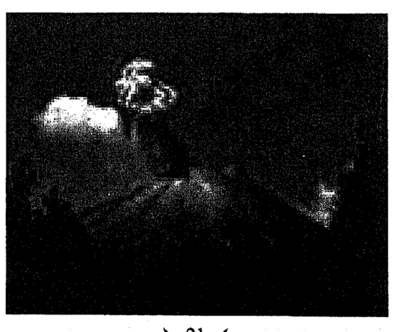
وهـي الـتي تحتـوي – عـادة – علـى كربـون وهيـدروجين، وقـد تحتـوي علـى بعض العناصر، وفي هذه الحالة لا يعد أول أكسـيد الكربون وثاني أكسـيد الكربون من الملوثات العضوية لعدم احتوائها على هيدروجين.

ومن أمثلة هذه المركبات الفورمالدهيد – الأثيلين – البيوتان– الأسيتون– الكحولات– المبيدات.

2. ملوثات غير عضوية:

وتشـمل المركبـات الـتي تحتـوي علـى الكربـون في ابسـط صـورها مثـل أول أكسـيد الكربـون وثـاني أكسـيد الكربـون وبعـض المركبـات الـتي لا تحتـوي علـى كربون مثل ثاني أكسيد الكبريت وثاني أكسيد النتروجين والأمونيا والكلوريد والفلوريد.

التلوث الطبيعي الناتج من النيازك والبراكين:



تتسـبب الـبراكين والنيـازك في تلويـث الهـواء طبيعيـاً بكميـة مـن الغبـار والغازات التي تحتوي على كمية من المواد الكيمياوية والجسيمات الصغيرة العالقة الناتجة من النيازك والبراكين والتي يمكنها أن تسافر آلاف الأميال في جميع أنحاء العـالم، وهـي تحتـوي علـى كميـات مـن المـواد الضـارة مثـل ثـاني أكسـيد الكربـون والأمونيا والفلوريـدات، كمـا تحتـوي علـى النيكـل والحديـد والمنجنيـز والسـيلكون والكالسـيوم والصـوديوم والنحـاس وغيرهـا مـن العناصـر بالإضـافة إلى الإشـعاع الطبيعي.

التلوث بالمواد العضوية المحللة طبيعياً:

وهذا التلوث ناتج من المواد العضوية النباتية والحيوانية المتحللة طبيعياً في البيئة، وبخاصة الناتجة من أجسام الحشرات والـتي توجد بقايا طبيعيـة في الهواء، وتحـت الظـروف الطبيعيـة هوائيـاً حيـث توجـد نـواتج الـبروتين غـير تامـة التحليـل ونـواتج تحلـل هـذه المـواد مثـل اكسـيد الكربـون والكبريتيـدات وغـاز الميثـان والمـواد النيتروجينية. والملوثات التي تخرج من مصانع الحديد والصلب.

الملوثات الناتجة عن نشاط الإنسان والأحياء:

توجد الملوثات عادة في صورتين رئيسيتين:

إما في صورة غاز وإما في صورة حبيبات دقيقة.

وتكون الغـازات حـوالي 90٪ مـن كـل الملوثـات الـتي توجـد في الهـواء، والغيـوم Mists عبـارة عـن مـواد صـلبة أو سـائلة في صـورة حبيبـات دقيقـة مبعثـرة في الجـو ويختلـف حجـم حبيباتهـا وشـكلها وكثافتهـا ومحتواهـا الكيميـاوي علـى حسـب مصدرها.

تلوث الهواء طبيعياً بحبوب اللقاح وحراشيف الحشرات والجراثيم والفطريات:

قد يتلوث الهواء تحت ظروف خاصة بحبوب اللقاح خاصة إذا كان الجو صافياً، وحركة الرياح سريعة نوعاً ما، والجو جافاً والأرض مزروعة بأحد المحصولات وبمساحات كبيرة فقد يؤدي تلوث الهواء بحبوب اللقاح إلى إصابة بعض الأشخاص بحساسية خاصة في الجهاز التنفسي، وتنتج عند دخول حبوب اللقاح داخل القصبات الهوائية في الرئة، ويختلف مدى حساسية الأفراد لهذه الحبوب ونوعها، وتبدو هذه الظاهرة واضحة عند المرور على حقول الذرة الشامية، حيث تتناثر هذه الحبوب بتركيزات كبيرة، كما أن هناك بعض المواطنين الحساسين لحراشيف الحشرات أو للحشرات الصغيرة جداً مثل "الهاموش" و"الصعو" الذي يوجد بكميات كبيرة خاصة على السواحل وقرب الغروب.

وقد تدخل هذه الحشرات العيون تسبب التهابها، كما أن جراثيم الفطريات الناتجة من الزراعات المصابة بشدة بالفطريات قد تؤدي دور حبوب اللقاح في أثرها وضررها، بل قد تكون أشد نظراً لإفرازها مواد سامة قد تضر بالخلايا الحيوانية.

هذا بالإضافة على الغازات العضوية مثل الكيتونات والهيدروكربونات، والألدهيدات، وهذه المواد تنتج من تحلل المواد العضوية ومن عملية التمثيل الغذائي في النباتات.

الثلوث الناتج من المحيطات طبيعياً:

يتلوث الهواء فوق المحيطات عادة بالملح، حيث يحتوي المتر المكعب من الهواء فوق المحيطات على 4 ميكروجرامات – 22ميكروجراما ملحاً، ويعتمد هذا التركيز فوق المحيط ويبلغ ما تحقنه المحيطات من الملح في الجو حوالي بليون طن في السنة ويوجد كلوريد الهيدروجين الناتج الهيدروجين الناتج من الملح بكمية تعادل 200 مليون طن سنوياً، وهذا ناتج من تفاعل بين الملح وثاني أكسيد الكربون وبعض أكاسيد الكبريت.

ويعد سطح المحيطات أحد الملوثات الرئيسية لليود حيث يتراوح تركيزه في الهواء فوق المحيط من 0.5٪ – 0.8 ٪ ميكروجرام / متر مكعب من الهواء، كما

يخرج من المحيط كلوريد المغنسيوم وكلوريد الكالسيوم والبروميدات وأكاسيد النيتروجين.

أما أول أكسيد الكربون فيتم إنتاجه بواسطة الكائنات الحية الموجودة في المياه، ويتراوح أول أكسيد الكربون 0.25 –0.44 جزء من المليون، كما يوجد أيضا غاز الميثان.

ويلاحظ أن الملوثات الناتجة طبيعياً دون تدخل الإنسان – سواء من تحلل المواد العضوية النباتية والحيوانية أم عن طريق الحرائق، أم العواصف الترابية والرملية، أم عن طريق المحيطات أو عن طريق النيازك والبراكين – تؤدي دوراً مهماً في تلوث الهواء، وإن هذه الكميات من الملوثات الطبيعية في الحقيقة تفوق مثيلاتها من صنع الإنسان في كثرتها، إلا أنها تتوزع عادة توزيعاً منتظماً على الكرة الأرضية، وبالتالي تكون متوسطاتها كملوثات صغيرا جدا إذا قورنت بالملوثات الناتجة من نشاط الإنسان في مكان ما، مثل الملوثات التي تخرج من مصانع الأسمنت.

أهم ملوثات الجو في هذا العصر:

1. **الملوثات الناتجة من عوادم السيارات:**



تعد السيارات في العالم هي المسئولة عن حقن الجو بحوالي 60٪ من ملوثات الهواء. وتجوب شوارع العالم عدة بلايين من السيارات تستخدم كميات هائلة من الوقود.

إن أسطول السيارات العالمي كان 48مليون سيارة عام 1950 واصبح 331 مليون سيارة عام 1982.

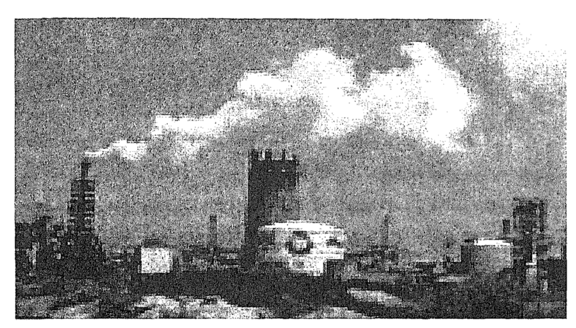
وإذا أخذنا مدينة القاهرة كمثال للمدن المزدحمة، نجد أن الأعداد المسجلة من السيارات عام 1969 هو 85800 سيارة، ارتفع عددها ليصل عام 1974 الى 133500 سيارة، وتصل الآن إلى أكثر من 650 ألف سيارة، تستهلك حوالي 1.25 مليون طن بنزين وتنتج حوالي 100 ألف طن نواتج الاحتراق أما عن أضرار نواتج الإحتراق على الإنسان فإن غاز أول أكسيد الكربون يزداد تركيزه في الدم فيعطل نقل الأكسجين للأنسجة حيث يسبب حالات دوار وإغماء، وبالتالي يقل نشاط الإنسان وإنتاجه، وذلك بجانب الأضرار الصحة التي قد تصل إلى حد تسمم الدم، وهذا بالإضافة إلى خروج الرصاص الذي يعد ساماً للنباتات والكائنات الحية، حيث يؤدي إلى تعطيل الإنزيمات وبالتالي يسبب فقر الدم، وحالات التخلف الدراسي عند الأطفال لتأثيره على المخ.

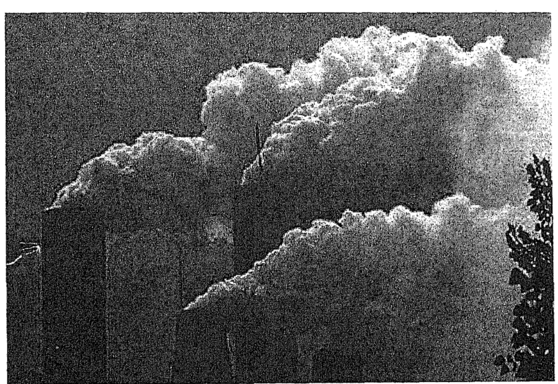
كما يحتوي عادم السيارات على أكاسيد نتروجينية تسبب أمراضا صدرية، أما الهيدروكربونات فتكون ما يسمى بالضباب الكيموضوئي، كما أن الدخان وبعض الهيدروكربونات تسبب مرض السرطان للإنسان أما ثاني أكسيد الكبريت وغيره من مركبات الكبريت فهي تكون الأمطار الحمضية التي أصبحت مشكلة في الدول الأوروبية.

وبعض الأكاسيد النتروجينية الموجودة في عادم السيارات تنتج الضباب الكيموضوئي الذى يتفاعل مع الهيدروكربونات في وجود ضوء الشمس، ليكون شديدة الخطورة مثل الأوزون.

كمـا أن العـادم يخـرج كميـات مـن جزيئـات الكربـون والزيـوت والمـواد غـير الضارة.

2. الملوثات الناتجة من المصانع المتحركة:





إن كثير من المصانع تستعمل السولار كمصدر لإنتاج الطاقة وحيث إن السيارات الكبيرة تستعمل كميات كبيرة من هذا السولار وتسير في الشوارع والمدن تبث فيها كميات هائلة من المواد الضارة – أول أكسيد النتروجين وأكاسيد الكبريت، والأحماض العضوية – لذلك يطلق كثير من العلماء على مثل هذه السيارات العملاقة اسم " المصانع المتحركة " ويجب أن تمنع هذه السيارات من مجرد السير حتى حول المدن، لما تحمله من أضرار بالغة لتلوث الهواء.

ونظراً للانفجار السكانى وشدة الحاجة إلى الطاقة الكهربائية والحرارية خصوصاً في دول العالم الثالث بدأت كثير من هذه الدول في إنشاء محطات توليد الطاقة وفضلت أن تستخدم فيها الوقود البترولي خصوصاً المازوت أو الغاز الطبيعى لتسهيل الحصول عليها بأسعار معقولة ونتيجة لعمليات حرق المازوت، تنتج كميات هائلة من المواد الملوثة للجو والشديدة الضرر للإنسان، مثل ثاني أكسيد الكربون وأول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكبريت، وثالث أكسيد الكبريت، وأكاسيد نتوجينية، وكل من الغازات الأخيرة يعد شديد الضرر للإنسان والحيوان، وتعد هذه الغازات ضارة للنبات إذا زاد تركيزها على حدود معينة.

لقد أوضحت الدراسات – التي أجريت على 35000 سيارة تمر داخل نفق – أن متوسط ما تخرجه السيارة الواحدة في هذا النفق 358 مليجرام/ميل مواد ضارة منها 158 مليجراماً مواد عضوية،و31 مليجراما من الرصاص. وبجانب ما تخرجه السيارات من عادم فإن السيارات تكون سبباً في ملوثات أخرى بطريقة غير مباشرة أهمها أتربة الطرق والسيلكا الناتجة من الرمال وحبيبات الأسفلت، وكذا نواتج احتكاك الإطارات المطاطية بالشارع.

بالإضافة إلى الفطريات وحبوب اللقاح والأملاح والرصاص والكادميوم.

3. الملوثات الناتجة من الطائرات:



نظراً للزيادة الكبيرة في عدد الطائرات التي تجوب المجال الجوي والتي تلوث على الأخص طبقة التربوسفير والطبقة السفلى من الإستراتوسفير، فلقد دعا ذلك العلماء إلى محاولة تقدير كميات الملوثات التي تخرجها هذه الطائرات. فعلى سبيل المثال يبلغ ماتبثه طائرات الجيت في الجو التي تطير تحت 3500 قدم من الألدهيدات وأول أكسيد الكربون والهيدروكربونات وأكاسيد النيتروجين والحبيبات الصلبة هو 5، 56، 15، 37، 54 رطلاً لكل 1000 جالون من الوقود على التوالي. بينما كان ماتبثه طائرات التربو هو 5، 40، 5، 23، 12 رطلاً لكل 1000 جالون من المركبات السابقة على التوالي.

ويلاحظ أن الطائرات الأخيرة هي أشد الطائرات في بث ملوثات في الجو.

4. الملوثات الناتجة من محطات الأسفلت:

عادة تضم محطات إنتاج مادة الأسفلت – التي تستخدم في الرصف – عدة وحدات من الكسارات والهزازات والرمال بالإضافة إلى القار ومحتوياته وتخرج أكبر كمية من الملوثات من هذه المحطات من الكسارات والهوازات أو عند تجفيف

الأسفلت. عموماً تبلغ كميات الأتربة والغازات الناتجة مقابل طن من الأسفلت خمسة أرطال ومعظم هذه الملوثات تهبط في أماكن قريبة من أماكن بثها.

5. تتكون المواد الأولية في مصانع الأسمنت من الحجر الجيري والجبس الرملي، والطفلة، وخبث الحديد:

ويتم تصنيع الأسمنت بطريقتين:

الطريقة الجافة والطريقة الرطبة.

وعادة يتم طحن المواد جيداً وخلطها ثم تعريضها في الأفران لدرجات حرارة تصل إلى 1400 ويتم ذلك باستعمال السولار، أو وقود غازي وعادة ما تخرج كثير من الغازات الضارة بالصحة العامة، مثل ثاني أكسيد النيتروجين، وبعض الألدهيدات والهيدروكربونات وعادة تخرج كميات من الأتربة القلوية أو الأتربة الأسمنتية أو الأتربة الناتجة من المواد الأولية ويتم ترسيبها عن طريق مرشحات إلكتروستاتيكية لمنع خروجها مع الهواء.

6. الملوثات الناتجة من عمليات الحريق:



أ. حريق الفحم:

ينتج من احتراق الفحم عدة أنواع من الغازات أهمها أول أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين وأكاسيد الكبريت والألدهيدات والهيدروكربونات وتختلف نسبة كل من هذه المركبات حسب تركيب الفحم وطريقة الاحتراق وحجم الوحدة التي يتم فيها الحريق.

كما يبث حريق الفحم كميات من المواد الصلبة المتطايرة التي تعتمد كمياتها على كمية الرماد في الفحم المحروق، كما أن حريق الفحم يخرج منه مادة البنزوبيرين، وهى من المواد المسببة للسرطان وتتراوح هذه الكمية من 600 إلى 100000 ميكروجرام / طن طبقاً لكيفية الحريق.

ب. حرق الغازات الطبيعية:

تعد عملية حرق الغازات الطبيعية من أكثر العمليات التي تبث في البيئة كميات كبيرة من مادة البنزوبيرين فمثلاً ينتج عن حرق كل مليون قدم مكعب من الغازات الطبيعية 130 رطلاً من البنزوبيرين بينما نواتج حرق هذه الغازات من الألدهيدات وأول أكسيد الكربون والهيدروكربونات وأكاسيد النيتروجين تعد أقل من الفحم.

ج. حرق الزيوت:

تتفوق الزيوت في إنتاج كميات أكبر من نواتج الحرق على كل من الفحم والغازات الطبيعية فهي تنتج كميات أكبر من أكاسيد النيتروجين وأكسيد الكبريت.

7. الملوثات الناتجة من مصانع الخرسانة سابقة التجهيز:

تنتج الملوثات من خلطة الرمل والزلط وغيرها من المواد أو في أثناء نخل المواد وقدرت كمية الأتربة الملوثة للجو بمعدل 0.25 رطل لكل ياردة من الخرسانة في الأحوال الجيدة أما في الأحوال السيئة فيكون المعدل رطلين لكل ياردة من الخرسانة.

8. الملوثات الناتجة من مصانع الحديد ومصانع المعادن غير الحديدية:

أ. مصانع الألومنيوم:

ويخرج منها كلوريد هيدروجين، وفلورين وكربون، والمونيون.

ب. مصانع النحاس:

يخرج منها أول أكسيد الكربون، وأكاسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين والكالسيوم وكذلك مركبات أخرى.

ج. مصانع الحديد:

ويخرج منها أول أكسيد الكربون، أكاسيد الكبريت وأكاسيد الحديد والفلوريدات وكربونات النيكل وأتربة السيلكا والجرانيت وفحم الكوك والفوسفور المتطاير.

د. مصانع الرصاص والزنك:

ويخرج منها أكاسيد الكبريت والفلوريدات والكادميوم.

ه. مصانع المنجنيز:

ويخرج منها الفلوريدات والكلوريدات وأكاسيد الباريوم.

و. مصانع المعادن الثانوية:

ويخرج منها أكاسيد النيتروجين وأكاسيد المعادن وحامض الهيدروكلوريك.

ز. مصانع النحاس الأصفر والبرونز:

ويخرج منها أكاسيد الزنك.

ح. مصانع الألمونيوم الثانوية:

يخرج منها الفلوريدات والكلوريدات والأوزون وكثير من المعادن.

9. الملوثات الناتجة من مصانع الكيماويات:

أ. مصانع إنتاج حامض Adipi Acid (المستخدم في تحضير الخيوط الصناعية):

ويخرج منها أكاسيد النيتروجين.

ب. مصانع الأمونيا:

ويخرج منها أول أكسيد الكربون والأمونيا.

ج. مصانع الكلورين:

ويخرج منها غاز الكلوريد والزئبق.

د. مصانع حامض الهيدروفلوريك:

ويخرج منها فلوريد الهيدروجين وثلاثي فلوريد السيلكون وثاني أكسيد الكبريت.

هـ. مصانع حامض النيتريك:

ويخرج منها أكاسيد النبيتروجين وثاني أكسيد النيتروجين.

و. مصانع مواد الطلاء:

ويخرج منها الألدهيدات، الكيتون، والفينولات والتربينات والجلسرين.

ز. مصانع تقطير البترول:

ويخرج منها كبريتد الهيدروجين والسيلنيوم والفلوريدات والهيدروكربونات والسيلكون وفلوريد الهيدروجين.

ح. مصانع الأحبار:

ويخرج منها الأكرولين، والأحماض العضوية والفينولات والتربينات.

ط. مصانع حامض الكبريتيك:

ويخرج منها أكسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين.

ي. مصانع الإسفنج الصناعي:

ويخرج منها الألكان والألكين ونتريل الإيثان والكربونيل.

10. الملوثات الناتجة من مصانع الإنشاءات:

أ. مصانع الأسفلت:

ويخرج منها ضباب الزيوت، والبنزوبيرين والأسبستوس وأول أكسيد الكربون.

ب. مصانع الطوب:

ويخرج منها الفلوريدات وثاني أكسيد الكبريت.

ج. مصانع كلوريد الكالسيوم:

ويخرج منها أول أكسيد الكربون والأستيالين وأكاسيد الكبريت.

د. مصانع الأسمنت:

ويخرج منها أنواع مختلفة من الأتربة بالإضافة إلى الكروميوم.

ه. مصانع الخزف والسيراميك:

ويخرج منها الفلوريدات والسيلكات والأمونيا.

و. مصانع الزجاج:

ويخرج منها الكلور والفلوريدات وأكاسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون.

11. الملوثات الناتجة من مصانع الأغذية والمواد اللازمة للمنازل:

أ. مصانع البن:

ويخرج منها الدخان والرائحة.

ب. محالج القطن:

ويخرج منها الأتربة وشعيرات القطن وهبو القطن.

ج. محلات التنظيف الجاف:

ويخرج منها المذيبات العضوية الصناعية والمذيبات البترولية.

د. مصانع العلف والمطاحن:

ويخرج منها السيلكات وتراب الحبوب والفطريات والزئبق والتبن.

ه. مصانع الأسماك:

ويخرج منها سلفات الهيدروجين وثلاثي ميثيل أمين.

و. مصانع النشا:

ويخرج منها مسحوق النشا.

هـذا ويسـتخدم الفحـم الحجـري والفحـم النبـاتي في كـثير مـن المصـانع كوسيلة اقتصادية لإنتاج الطاقة وعادة ما يخرج من حرق هذه الأنواع من الفحم النواتج التالية:

الكربون، والسيلكون والألمونيوم وأكاسيد الحديد كما تخرج بعض الغازات وهـي أكاسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين، وفلوريد الهيدروجين وأول أكسيد الكربون وكربونات النيكل، والألدهيدات والهيدروكربونات كما يحتوى الدخان أيضاً على الرصاص والكادميوم والسيلينيوم والفاناديوم والزنك وعدد كبير آخر من العناصر.

ويتوقف مدى تلوث الهواء بهذه المواد على طريقة الحريق وسعة فرن الحريق وغيرها من العوامل أما الغاز فيستخدم عادة لتدفئة المنازل وبعض المصانع والمكاتب وعادة تخرج نواتج من حرق هذا الغاز وأهمها ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء وأكاسيد النيتروجين أما الزيوت فينتج من حرقها أكاسيد الكبريت وأكاسيد

النيتروجين ومجموعة كبيرة من الكبريتات والتي تكون 17 إلى 25 ٪ و10 إلى 30٪ رماد و25 إلى 50 ٪ حبيبات متفحمة وتعد مادة السيلينيوم أهم المواد التي تخرج من حرق الزيوت أما المخلفات فتنتج عن حرقها حبيبات كربون وسناج طائر ونسبة قليلة من أكاسيد النيتروجين وأكاسيد الكبريت ويعد أول أكسيد الكربون والألدهيدات والهيدروكربونات أكثر المواد تلويثاً للجو ولق كان الناتج من حرق المخلفات في الماضي — من حيث الأهمية في التلوث — أكاسيد النيتروجين وأكاسيد الكبريت أما الآن فإن الكلوريدات أصبحت أهم المواد الملوثة لاحتواء المخلفات على نسبة عالية من البوليفنيل والبلاستيك والتي ينتج منها حامض الهيدروكلوريك وكذلك كمية من الفلوريدات والسيانيد والفوسفات والألدهيدات هذا وتقوم بعض الدول بحرق القمامة في الأماكن الخالية وهذه تسبب تلوث الجو المحيط بأول أكسيد الكربون وهيدروكربونات خصوصاً الهكسان وبعض الأحماض العضوية هذا وتستعمل المنازل في الوقت الحالي الخشب للتدفئة وكوقود ولقد اتضح للباحثين أن وسيلة التدفئة هذه تخرج حبيبات متوسط قطرها 53 ميكرونات، وتخرج — في الوقت نفسه — المواد الضارة التي تخرج من الفحم هذا وتنتج مصانع صهر المعادن الكروميوم والمنجنيز والزنك والرصاص وكذلك ثاني أكسيد الكبريت والفلولايدات والكاديوم ومجموعة أخرى من المركبات ويعد الملوث الرئيسى في مصانع الألمونيوم الفلوريد الذى يخرج من الكريوليت بينما — في حالة صهر النحاس — تكون أهم الملوثات مركبات الكبريت وأول أكسيد الكربون وأكاسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين والفلوريدات والصناج أما مصانع الكيماويات فهي تنتج كميات هائلة من الأمونيا والكلورين وأحماض النيتريك والفيثاليك، بينما تخرج مصانع البويات عدداً من الملوثات العضوية مثل الألدهيدات والفينولات والجلسرين بالإضافة إلى الرصاص والزئبق والتيتانيوم والسلينيوم أما مصانع الأسمنت فتخرج كميات كبيرة من تراب الأسمنت بالإضافة إلى الفلوريدات وفلوريد الأيدروجين هذا وتعد الفلوريدات أهم الملوثات التي تخرج من مصانع الزجاج أما مصانع الأغذية فتخرج كميات كبيرة من الرائحة غير المرغوب فيها بالإضافة إلى ثلاثي ميثيل أمين وكبرتيد الأيدروجين والأتربة الناتجة من طحن

الحبوب وأتربة التبن وبقايا الحبوب وجراثيم الفطريات وبقايا المبيدات الفطرية خصوصاً مركبات الزئبق العضوية وبعض النشويات التي تتطاير في الجو هذا بالإضافة إلى ما يخرج من نشاط الإنساني في المزرعة أو الحقل أو المنزل، سواء عند التخزين الجبن أم عند تصنيع مواد العلف أم عند استخدام المبيدات في مكافحة الحشرات أم عند استخدام المواد الكيماوية في الزراعة مثل المواد الجاذبة والفرمونات المنظمة للنمو وكذلك الأسمدة الصناعية هذا وتنتج البشرية أكثر من مليون طن من المبيدات يتم حقنها في الجو في أثناء معاملة المحصولات ويصل منها حوالى 50 ٪ إلى التربة الزراعية وتخرج منها لتصبح مصدراً مهماً من مصادر تلوث الجو باستمرار بالمبيدات فلقد ثبت أن بقايا المبيدات تبقى في الأراضى الزراعية لمدة طويلة جداً تصل إلى أكثر من 20 عاماً وأنها تتراكم عاماً بعد عام لتصل إلى تركيزات عالية وفي الوقت نفسه يتم بخرها من التربة إلى الجو حيث تعد مصدراً دائماً لتلوثه كما أن الذى يتابع حالة الجو في الريف يجد أن بقايا المبيدات في الجو تعد عالية التركيز وهذا يرجع في المقام الأول إلى أن الجو يكون ملوثاً بشدة في أثناء عملية الرش بالطائرات أو الموتورات أو في أثناء معاملة التربة ثم يقل هذا التركيز نتيجة حركة الهواء ويستمر بقاء المبيدات فترة طويلة حيث يتبخر – تدريجياً – من على أسطح أوراق النباتات المعاملة بالإضافة إلى تبخرها المستمر من التربة الزراعية.

12. الملوثات الناتجة من مصانع تكرير البترول:

ينقسم العمل في مصانع تكرير البترول إلى أربع مراحل عملية وهى:

الفصل وعملية التحويل وعملية المعاملة ثم عملية الخلط وفى كل من المراحل الأربع تخرج كميات هائلة من المواد الملوثة أهمها:

الهيدروكربونات والحبيبات العالقة وثاني أكسيد النيتروجين وأول أكسيد الكربون والألدهيدات والنشادر وتختلف كمياتها حسب نوع الزيت والمرحلة التي يتم فيها عملية تكرير البترول.

13. الملوثات الناتجة من عملية حرق النفايات الصلبة:

ينتشر في الوقت الحاضر أسلوب غريب للتخلص من النفايات الصلبة برغم شدة خطورة هذا الأسلوب من حيث تلوث الهواء فجميع مقالب القمامة الحكومية والخاصة يتم فيها حرق القمامة عن عمد بقصد التخلص من كميات كبيرة منها وفي الوقت نفسه قامت معظم المحافظات بإنشاء وحدات حرق القمامة كهربائياً في أفران خاصة ونظراً لأهمية هذا الموضوع وشدة خطورته نوضح فيما يلي نتائجه:

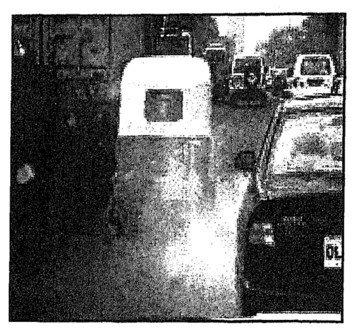
أ. حرق القمامة في محارق القمامة:

تتكون المحارق من ثلاث حجرات حجرة لوضع القمامة وأخرى للتقليب وإضافة الهواء لإتمام إحراق القمامة وفي الحجرة الثالثة يتم حرق جميع البقايا العضوية وتتحول القمامة تماماً إلى رماد وقد تكون المحارق من حجرة تقوم بجميع الأعمال السابقة ولقد امتنعت كثير من الدول المتقدمة والنامية عن استعمال هذه المحارق لأسباب كثيرة أهمها أنها تبث كميات هائلة من المواد الضارة في الجو المحيط بمكان الحرق ولمسافات طويلة وثانياً أنها غير اقتصادية في استهلاك الكهرباء وثالثاً أنها تتلف في مدد وجيزة ورابعاً أنها لا تعد ذات قيمة إلا في المستشفيات حيث تحرق المواد الخطرة وحيث الكمية اللازم حرقها صغيرة جداً وبالتالي فها تكون صالحة فقط عندما تستخدم في الأماكن التي تنتج كميات قليلة من النفايات الخالية من الأتربة ومخلفات المباني والمواد المعدنية.

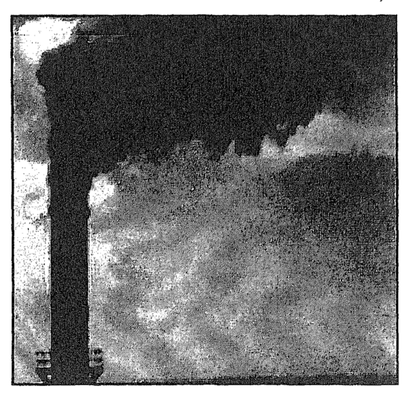
ب. حرق القمامة في المقالب العامة:

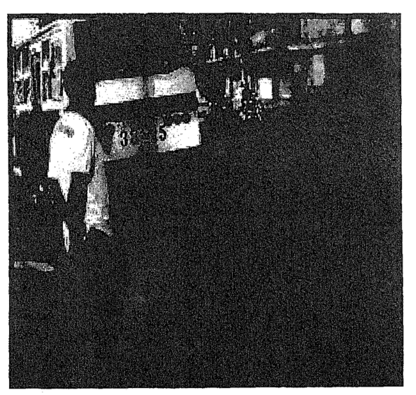
عادة يتم الاحتراق الذاتي للقمامة وقد يتعجل المسؤلون في عملية إحراق هذه القمامة وعادة تكون الحرق هذه غير كافية حيث تتبقى كميات كبيرة من المواد العضوية غير محروقة حرقاً كاملاً.

تلوث الهواء الجوي - Air pollution لاحدود لأسبابه:









لقد عرف التلوث بطرق مختلفة منها أن التلوث هو تغيير في المنحى الطبيعي للحياة بالاتجاه الذي يسبب الضرر للبيئة بشكل عام.

وأحدث تعريف للتلوث من خلال تعريف الملوث، فالملوث هو مادة أو اثر يؤدي إلى تغير في معدل نمو الأنواع في البيئة يتعارض مع سلسلة الطعام بإدخال سموم فيها أو يتعارض مع الصحة أو الراحة أو مع قيم المجتمع.

ومن أهم مشاكل التلوث:

تلوث الهواء وأهم ملوثات الهواء الملوثات الناجمة عن المخلفات الصناعية والملوثات الناجمة عن حرق أو إعادة استخدام النفايات وينتج عنها غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يسبب اضطرابات عضوية في جسم الإنسان وتسمم وعقم وكثر من الأمراض،.

إن جسم الإنسان يتعرض لملوثات الهواء الجوي مثل ثاني أكسيد النتروجين الذي يسبب أضرارا صحية خطيرة لاحتوائه على اكبر نسبة من المواد السامة وهو ينتج عادة من آلات الاحتراق والأفران والعوادم الصناعية، إضافة إلى الرصاص وهو من أخطر ملوثات البيئة الضارة بالصحة وبخاصة للطفل لأن معدل امتصاصه في جسمه يزيد حوالي 50٪ عن البالغين ويسبب الرصاص للطفل انخفاضا في نسبة الذكاء وقصر القامة وضعف السمع والأنيميا والاضطرابات العصبية وغيرها كثير.

وقد ركزت وكالة حماية البيئة الأمريكية (EPA) على ستة ملوثات للهواء رئيسية تتصف بتأثير ذي شأن على الصحة العامة والبيئة:

طبقة الأوزون، والجسيمات الدقيقة، وأول أوكسيد الكربون، وثاني أوكسيد النيتروجين، وثاني أوكسيد الكبريت، والرصاص.

أهم المواد الملوثة للهواء:

أ. الأجسام الدقيقة جداً (العوالق):

وتتمثل بالدقائق الناعمة جداً من المواد العالقة في الهواء ذات المصادر المختلفة كالأتربة الناعمة العالقة في الهواء أو تلك الملوثات الناتجة من مخلفات الصناعة، بالإضافة إلى غازات عوادم المحركات وسائل النقل.

تقول وكالة حماية البيئة الأمريكية (EPA) بأنه:

"خلال العقد المنصرم، تعلمنا أن الملوثات الدقيقة وخاصة الجسيمات الدقيقة جداً، مثل الغبار والسخام (وتعرف عادة باسم PM fine أو PM 2.5، وهي مواد دقيقة بقياس 2.5 ميكرومتر) تُشكّل أكبر خطر بيئي على الصحة العامة في الولايات المتحدة.

ولقد قدّر الباحثون والأكاديميون أن التركيزات المرتفعة من الجسيمات الدقيقة مسؤولة عن عشرات الآلاف من الوفيات المبكرة في البلاد كل عام".

تعتبر العوالق من أكثر ملوثات الهواء شيوعاً وخاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة وفي المناطق الصناعية والمناطق المكتظة بحركة المرور.

وتحتوي العوالق على خليط من الجسيمات الناتجة عن عمليات الاحتراق غير الكامل، كالسخام (Soot)، وجسيمات ثانوية المنشأ تنجم عن التفاعلات الكيميائية في الغلاف الجوي، بالإضافة إلى عناصر معدنية سامة مثل الرصاص والكادميوم.

تنتج هذه الملوثات في الغالب عن احتراق الوقود الأحفوري (والديزل بشكل خاص، حيث تنبعث العوالق عن وسائط النقل العاملة على الديزل بقدر يزيد بين 30 و50 عن وسائط النقل العاملة بالبنزين)، وعن بعض العمليات الصناعية،

وذلـك إمـا عـن طريـق حـرق الوقـود الـلازم لهـذه الصـناعة أو كنـاتج عـن العمليـات الصناعية في خطوط الإنتاج.

وتساهم صناعة النفط والإسمنت والأسمدة ومحطات توليد الطاقة في هذا التلوث بشـكل رئيسـي، بالإضـافة إلى بعـض المنشآت الصـغيرة مثـل مجابـل الإسمنـت والكسارات.

تـترك العوالـق تـأثيرات سلبية علـى الصـحة العامـة سـواءً علـى العـاملين أو القـاطنين في المنـاطق المجاورة أو علـى التربـة والنباتـات، حيـث تـؤدي إلى أمـراض خطـيرة في الجهـاز التنفسـي مثـل أمـراض الربـو والسـعال والانتفـاخ الرئـوي وتصـلب الرئـة، وبالتالي إلى قصور في وظيفة الرئتين والقلب.

ويتوقف تأثير العوالق على حجمها، وتعتبر العوالـق ذات الأقطـار الأقـل مـن 10 ميكرون ذات أهميـة خاصـة كونهـا قابلـة للاستنشـاق، وأكثرهـا خطـورة العوالـق الأقـل مـن 3 ميكـرون حيـث لا تحـول الـدفاعات التنفسـية دون وصـولها إلى أعمـاق الرئتين، كما تدمص على سطحها العناصر المعدنية وبخاصة الرصاص.

ب. الملوثـات الغازيـة:

تنتج الملوثات الغازية مثل (SO_2, COX, Nox , O_3) بشكل رئيسي عن احتراق الوقود الأحفوري.

وتلعـب دوراً هامـاً في تـدني نوعيـة الهـواء وتشـكيل الضـباب الـدخاني الـذي يخـيم علـى هـواء المـدن، والـذي ينـتج عـن تفاعلـها مـع الأوكسـجين بوجـود الهيدروكربونات تحت تأثير الأشعة فوق البنفسجية، وتتكون نتيجة ذلك مجموعة من الملوثات الثانوية بالغة الخطورة، وتسبب هذه الملوثات احتقان الأغشية المخاطية للجهاز التنفسي وتهيج العيون، إضافة إلى استثارة الربو والتهاب القصبات والسعال وغيرها.

1. غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2:

تعد الصناعة المصدر الرئيسي لهذا الغاز الضار، الذي يتكون من احتراق المواد العضوية كالورق والحطب والفحم وزيت البترول احتراقا كاملا (لأن الاحتراق غير الكامل ينتج أول أكسيد الكربون).

ويعتبر غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج من الوقود من أهم الملوثات التي أدخلها الإنسان على الهواء. أن عملية الاتزان البيئي التي تذيب غاز ثاني أكسيد الكربون الزائد في مياه البحار والمحيطات مكوناً حمضياً ضعيفاً يعرف باسم حمض الكربونيك ويتفاعل مع بعض الرواسب مكوناً بيكربونات وكربونات الكالسيوم.

وتساهم النباتات أيضاً في استخدام جزء كبير منه في عملية التمثيل الضوئي.

زيادة هذا الغاز تؤدي إلى صعوبة في التنفس والشعور بالاحتقان مع تهيج للأغشية المخاطية والتهاب القصبات الهوائية وتهيج الحلق، وتجدر الإشارة الى أن الإسراف في استخدام الوقود وقطع الغابات أو التقليل من الساحات الخضراء ساهم في ارتفاع نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو والذي قد يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الأرض وهو ما يعرف بالاحتباس الحراري.

2. غاز ثاني أكسيد الكبريت SO_2:

غاز حامضي يعتبر من أخطر ملوثات الهواء يظهر فوق المدن وفوق المنشآت الصناعية تحديداً، ينشأ نتيجه إحتراق الوقود العضوي "الفحم والبترول والغاز الطبيعي" لإحتوائها على كميات ملحوظه من الكبريت وأيضاً بعض البراكين تطلق هذا الغاز.

وهـو غـاز عـديم اللـون نفـاذ وكريـه الرائحـة لـه أثـار ضـارة اذا مـا تواجـد بمعدلات تزيد على 3 أجزء في المليون في الهواء، ويعتبر غاز ثاني أكسيد الكبريت أحد عناصر مكونات الأمطار على سطح الأرض فيلوث التربة والنباتات والأنهار والبحيرات والمجاري المائية، وبذلك يسبب إخلالا بالتوازن البيئي. ويختلط بالضباب الدخاني فوق المدن محدثاً أضرار بالغة كما أشرنا إلى ذلك.

ويتحول ثاني أكسيد الكبريت في الهواء الى حمض الكبريتيك نتيجة لتأكسده الى ثالث أكسيد الكبريت وتفاعله مع بخار الماء في كون التفاعل إما مباشرا بين ثاني أكسيدالكبريت والاكسجين أو يتوسط ثاني أكسيد النتروجين كحفاز ولكل من ثاني أكسيد الكبريت وحمض الكبريتيك تأثيراً ضاراً بالجهاز التنفسى للإنسان والحيوان كما يشارك ثاني أكسيد الكبريت مع ملوثات أخرى في إحداث مشاكل بيئية منها الأمطار الحمضية وقد أتخذت الأحتياطات الضرورية للإقتصار على إستخدام أنواع الوقود الخالية من الكبريت أو المحتوية على مقادير ضئيلة منه.

3. أكاسيد النيتروجين NOx:

وهي مصاحبة لإحتراق الوقود في الهواء عند درجات حرارة عالية، وذلك عندما يكون التبريد سريعا بحيث يمنع تفكك هذة الغازات، ومصدر كل من غازى النتروجين والاكسجين اللذان يكونان هذه الأكاسيد هو الهواء الجوي ذاته ومن ثم تكون المركبات والاجهزة المولدة للطاقة في محطات القوى الكهربائية هي المصدرين الأساسيين لأكاسيد النتروجين حيث إنها تعمل عند درجات حرارة مرتفعة.

تنتج هذه الاكاسيد من احتراق المركبات العضوية وأيضا من عوادم السيارات والشاحنات وبعض المنشآت الصناعية وهو يكون مع بخار الماء في الجو حمضاً قوياً هو حمض النتريك ويسبب الأمطار الحمضية، وعند وصوله مع بقية اكاسيد النيتروجين إلى طبقات الجو العليا (طبقة الأوزون) يحدث كثيراً من الضرر لهذه الطبقة.

تسبب تلوثا خطيرا للهواء الجوي وأضرارا صحية خطيرة لاحتوائها على أكبر نسبة من المواد السامة.

4. أول أكسيد الكربون CO:

يوجد بتركيزات عالية وخاصة مع استعمال الغاز في المنازل، وهو غاز سام جداً عديم اللون والرائحة مصدره الأساسي في الهواء هو الاحتراق غير الكامل للوقود الكربوني، ويصدر من عوادم السيارات ومن احتراق الفحم أو الحطب في المدافئ وجميع عمليات الاحتراق الناقص للمواد العضوية.

وهو أخطر أنواع تلوث الهواء وأشدها سمية على الإنسان والحيوان.يتحد أول أكسيد الكربون مع الهيموجلوبين مكوناً كربوكسي هيموجلوبين حيث أن له شراهة شديدة للإتحاد معه، وهنا تكمن خطورته حيث يمنع الأكسجين من الاتحاد مع الهيموجلوبين وفي هذه الحالة يحرم الجسم من الحصول على الأوكسجين. يمثل أول اكسيد الكربون أكبر نسبة من ملوثات الهواء، ويزداد تركيز أول أكسيد الكربون في أثناء الكثافة العالية لحركة المرور الخاصة بالسيارات، ويؤثر أول أكسيد الكربون على الصحة العامة خاصة على هيموجلوبين الدم ومن ثم فإنه يؤثر تأثيراً خطيراً على عمليات التنفس في الكائنات الحية بما فيها الإنسان ويتسبب في كثير من حالات التسمم ويمكن الحد من تأثير أول أكسيدالكربون بتزويد البيئة المحيطةبالأكسجين الكافى لإتمام عملية الأحتراق وتكوين ثاني أكسيد الكربون.

5. دخان السجائر:

وهو أقرب الأمثلة وأكثر شيوعاً في إحداث التلوث داخل البيئة الصغيرة للإنسان (المنزل – المكتب)، والدخان عملياً عبارة عن حبيبات صلبة صغيرة جداً من الكربون، تنتج من إحتراق غيركامل للمواد الهيدروكربونية وأهمها الفحم– البترول– القطران– التبغ الأبخرة وتنتج من عملية التكثيف من الحالة الغازيه.

الدخان المتصاعد من طرف السيجارة المشتعل، وهو الأكثر خطورة وضررا، يعرف علميا باسم "دخان التبغ البيئي (إي تي إس)". يتكون هذا الدخان من ملايين الذرات الصغيرة لخليط مختلف من المواد الكيميائية السامة كالنيكوتين، والهيدروكربون غير المتطاير، وحامض الكربوليك، والأحماض والمعادن الثقيلة، بالإضافة إلى احتوائه على عدد كبير من عناصر غازية غير عضوية المنشأ كأول وثاني أكسيد الكربون، وأكسيدات النيتروجين، وهيدروجين السيانيد وعناصر متطايرة وشبه متطايرة عضوية المنشأ كالبنزين، والإيثان، والبروبين، والأسيتون وغيرها الكثير.

ومن المعروف أن ذرات الغبار هي أكثر عناصر تلويث الهواء خطورة وتأتي من مصادر مختلفة من بينها السجائر وعوادم السيارات.

وفي تجربة قام بها مجموعة من الباحثين:

ترك محرك سيارة طراز فورد مونديو سعة محركها 2.0 لترا في حالة تشغيل لمدة 30 دقيقة داخل المرآب مع إغلاق الباب مع وجود ست فتحات صغيرة للتهوية ثم قورنت النتائج بالدخان المنبعث من ثلاث سجائر تركت مشتعلة في المرآب لمدة نصف ساعة أيضا.

وتوصل الباحثون إلى أن مستويات ذرات الغبار داخل المرآب كانت أعلى 15 مرة مقارنة بها خارجه أثناء إشعال السجائر في حين كانت ضعف مستويات التلوث خارجه أثناء تشغيل محرك السيارة الفورد.

6. مركبات الكلورو فلورو كربون:

ويأتي نتيجة تفاعل أكاسيد النيتروجين مع الهيدروكربون في وجود أشعة الشمس وهو أحد مكونات الضباب الدخاني (Smog).

ينتج عن بعض صناعات التبريد وغازات الدفع وإطفاء الحرائق ومخلفات الطيران النفاث العادمة بعض المركبات التي تسمى بمركبات الكلوروفلوروكربون (CFC) أو الفريونات والتي تتفاعل مع غاز الأوزون (O_3) الموجود في طبقة الستراتوسفير محولة إياه إلى أكسجين (O_2). ويمكن أن تنتج هذه المركبات من صناعات عديدة أهمها الأيروسول aerosol التي تحمل المبيدات أو بعض مواد تصفيف الشعر أو مزيل روائح العرق.

تتلخص مهمة الأوزون في الستراتوسفير في امتصاص الأشعة فوق البنفسجية مانعا إياها من الوصول لسطح الأرض وهذا سبب ارتفاع الحرارة في الستراتوسفير. وصول الأشعة فوق البنفسجية (UV) إلى سطح الأرض سوف يؤدي إلى زيادة الحرارة أيضا بالإضافة لخطرها على صحة البشر.

وتقدر كمية هذه المركبات التي تنطلق في الجو بما يزيد على مليون طن سنوياً.

وعند وصول هذه المركبات لطبقة الإستراتوسفير stratosphere التي بها طبق الأوزون فإنها تتحلل بفعل الأشعة الفوق بنفسجية الموجودة في الشمس إلى ذرات الكلور والفلور التي تقوم بمهاجمة الأوزون وتحويله إلى أكسجين وبذلك تساعد على تحطيم طبقة الأوزون بتدمير جزيئات الأوزون من خلال تفاعلات تسلسلية.

وقد تبين أن كل ذرة كلور واحدة قادرة على تخريب (100.000) مائة ألف جزيئة أوزون.وقد قدر خبراء البيئة بأنه لو توقف العالم عن إنتاج واستخراج المواد المستنفدة لطبقة الأوزون بشكل تام ونهائي الآن فإن عودة تراكيز الأوزون إلى وضعها السليم في الاستراتوسفير يحتاج إلى 40 سنة كاملة.

7. المعادن الثقيلة (الرصاص):

يعتبر التلوث بالمعادن الثقيلة من اخطر أنواع التلوث البيئي وخاصة على الاطفال، ويعتبر الرصاص من أهم العناصر الثقيلة الملوثة للبيئة الخارجية ولأجواء العمل، ومعدن الرصاص من اخطر المعادن لانه لا يدخل في فسيولوجيا جسم الانسان ووجوده في جسم الانسان بمعدلات اعلى من المسموح به يعتبر نذير خطر، ويؤثر الرصاص على الكبار والصغار، لكن تأثيره على الاطفال اكبر لسهولة امتصاصه، وبطء اخراجه والتخلص منه، وحساسية الجهاز العصبي المركزي الشديدة لهذا النوع من التلوث في اثناء نموه وتطوره خاصة في الخمس سنوات الاولى من عمر الطفل.

أوضحت بعض القياسات أن نسبة الرصاص في هواء المنازل تصل من 6400-9000 جزء في المليون في الأتربة داخل بعض المنازل مقارنة بـ 3000 جزء في المليون في الهواء الخارجي.

يعود ارتفاع نسب الرصاص في هواء المدن بشكل رئيسي إلى الانبعاثات الغازية من وسائط النقل العاملة على البنزين (الحاوي على الرصاص) والمسؤولة عن أكثر من90٪ من إطلاق الرصاص، بالإضافة إلى بعض الصناعات المعدنية كصناعة البطاريات. وأوضحت الدراسات أن ما بين 66 و80 ٪من كمية الرصاص ترتبط بالعوالق ذات الأقطار الأقل من 10 ميكرون، وكمية الرصاص المرتبطة مع العوالق ذات الأقطار الأقل من 3ميكرون (PM3) تشكل نسبة تتراوح بين 50 و72٪ من كمية الرصاص، وهذا يعني أن القسم الأكبر من الرصاص يمكن أن يصل إلى الأسناخ الرئوية ويمتص في الرئتين ويصل إلى الدم.

يؤدي الرصاص إلى مخاطر صحية بالغة، حيث يتداخل مع الجمل الأنزيمية، كما يؤدي إلى تسمم الأعصاب والكلى وأعضاء التكاثر. كما يسبب اضطرابات قلبية وزيادة ضغط الدم وخفض معدل الذكاء وبخاصة عند الأطفال ويترافق باضطرابات عدوانية ونقص في التركيز والانتباه.

وخطورة التلوث بالرصاص ليس فقط على الجهاز العصبي المركزي فقط بل ايضا على الجهاز المناعي والدم، وخاصة ان تأثير التعرض للرصاص قد يظهر بعد التوقف عن التعرض له.

ومن العناصر الملوثة للهواء أيضاً: النحاس والزنك والكادميوم (الملاحظ ارتفاع تركيزه في بعض المناطق الصناعية غير النظامية)، بالإضافة إلى الفلور والزرنيخ والزئبق والأسبستوس.

8. الزئبق المحمول في الهواء:

يعتبر الزئبق المحمول بالهواء مشكلة عالمية، ويحتاج لحلول عالمية. إضافة لذلك، عملياً تنتج كافة حالات التعرض للزئبق في الولايات المتحدة تقريباً من تناول أسماك ملوثة بالزئبق، والتي يستورد أكثر من 80٪ منها من أجزاء أخرى من العالم.

وتُقدر وكالة حماية البيئة ان احتراق الفحم، وانتاج الكلور القلوي (كلورين يحتوي على مادة كيميائية تستعمل في المعالجات الكيميائية، والبلاستيك، والخدمات البيئية، وتنظيف المعادن)، والزئبق المستعمل في المنتجات، والزئبق المستعمل في أعمال التنقيب الصغيرة عن الذهب مسؤولة مجتمعة عن 80٪ من انبعاثات الهواء الحامل للزئبق الذي ينتجه الإنسان. ولكن تجدر الملاحظة هنا إلى ان ثلثي انبعاثات الزئبق العالمية السنوية تأتي من مصادر طبيعية، مثل البراكين، ومن "إعادة – انبعاث" الزئبق الذي كان قد ترسب في البيئة سابقاً.

تأتي خطورة الزئبق في تأثيراته المدمرة على مدى الطويل للجهاز العصبي المركزي وما ينتج عن ذلك من اختلال في وظائف الجسم الأخرى، والتعرض يكون عن طريق التنفس من تلوث الهواء أو عن طريق الشرب من تلوث مياه الجوفية أو مياه الأنهار أو مباشرة عن طريق ملامسة الجلد. دراسات وأبحاث كثيرة على

مسـتوى العـالم تطرقـت للسـمية الشـديدة والأضـرار الـتي يسـببها معـدن الزئبـق ومشتقاته للأحياء البرية والبحرية والبيئة.

والجدير بالملاحظة أن كثير من المصانع تطلق أبخرة في الجو تحتوي على مركبات شديدة السمية مثل مركبات الزرنيخ والفوسفور والكبريت والسلينوم. كما تحمل معها بعض المعادن الثقيلة كالزئبق والرصاص والكادميوم وغيرها وتبقي هذه المواد الشائبة معلقة في الهواء على هيئة رذاذ أو ضباب خفيف ويكون هذا التلوث واضحاً حول المصانع ولكن قد تحمله الرياح إلى أماكن اخرى.

وفي النهاية أسهم تلوث الهواء في انتشار الكثير من الجراثيم التي تسبب بالأمراض للناس منها: الأنفلونزا، الإمراض الوبائية القاتلة التي تنتشر بسرعة في الوسط البيئي، ومرض الجمرة الخبيثة ومرض الطاعون والكوليرا ومرض الجدري والحمى، كما تحدث حالات تسمم للإنسان نتيجة لتأثيرات الضارة للمركبات المتطايرة من الزرنيخ نتيجة للنشاط الميكروبي لبعض الأنواع الفطرية، كما أثر بشكل كبير على طبقة الأوزون وما زال يدمرها.

هناك الكثير من الدراسات تؤكد تآكل طبقة الأوزون وخاصة فوق القطب الجنوبي وان استمر تآكل هذه الطبقة بنفس المستوى فان خطر الأشعة فوق البنفسجية على الغابات والأحياء البحرية سوف يتصاعد وخاصة الحيود المرجانية التي تعتبر مصدر رئيسي لأكسجين البحار.

كما لوحظ في الأعوام الأخيرة أن هناك سنوات تسجل فيها درجات حرارة مياه البحار والمحيطات أرقام أعلى من المعدلات المعتادة ويعتقد أن لكثير من الظواهر السابقة دور في هذا كما لوحظ أن هناك ارتباط واضح بين هذا الارتفاع وبين بعض الظواهر الجوية المدمرة مثل الأعاصير والفيضانات والجفاف. من أشهر هذه المشاهدات ظاهرة النينو (Nino) وهي ارتفاع حرارة سطح المحيط قبالة تشيلي بشكل أعلى من المعتاد وعكسها هي ظاهرة النينا (Nina) ولقد ارتبط النينو

بالأعاصير في منطقة الأطلسي وحدوث الجفاف في مناطق أمريكا الجنوبية الداخلية.

يمكن تقسيم ملوثات الهواء إلى خمس مجموعات حسب تأثيرها الفسيولوجي على الإنسان والحيوان:

1. المواد المهيجة:

هذه المواد كاوية وتحدث التهابات في الأسطح المخاطية أو الرطبة التي تتعرض لها، وتختلف شدة هذه الالتهابات باختلاف درجة تركيز هذه الملوثات في الهواء ونوعية الجزء المعرض لها من الجسم ومدة التعرض. كثير من المواد المهيجة يهيئ الجسم أو العضو المصاب منه لخطر الاصابة بالسرطان.

2. المواد الخانقة:

هي المواد التي تتداخل مع عمليات الأكسدة في انسجة الجسم المختلفة وتقسم هذه المواد إلى نوعين، مواد بسيطة وخاملة من الناحية الفسيولوجية مثل غازات ثاني أكسيد الكربون والأيدروجين والهيليوم والميثان والنيتروجين وأكسيد النيتروز، وتؤدي كثرة هذه الملوثات إلى تخفيف نسبة الأكسجين في الهواء المستنشق إلى أقل من الحد الذي يتطلبه جسم الإنسان.

وبذلك تقل كمية الأكسجين في الدم مما يؤثر على عملية التنفس الطبيعي في أنسجة الجسم. مواد كيماوية خانقة وهي تمنع الدم من استخلاص الأكسجين من الهواء المستنشق أو تمنع الأنسجة من امتصاص الأكسجين الموجود في الدم.

ومن أمثلة ذلك أول أكسيد الكربون وسيانيد الأيدروجين وكبريتيد الهيدروجين.

3. المواد المخدرة:

هي المواد التي تحدث تأثيراتها على الجسم كله من خلال امتصاصها في الدم وتخفيفها جزئياً لضغطه مما يؤدي إلى ضعف أو كساد المجموع العصبي المركزي في المخ.

ومن أمثلة ذلك المواد الكربوهيدروجينية والكحولية.

4. المواد السامية:

هي المواد التي تؤثر على المجموعة الدموية مباشرة وتقسم إلى خمس مجموعات:

- المواد التي تحدث ضرراً عضوياً بالجهاز الهضمي وأغلبيتها من المواد الكربوهيدروجينية المهلجنة.
- المواد التي تتلف المجموعة الدموية ومعظمها من المذيبات العضوية مثل البنزين والفينول والتولوين والزيلين والنفتالين.
- سميات الأعصاب مثل ثاني كبريتوز الكربون والكحول الميثيلي.
- الفلزات مثل الرصاص والزئبق والمنجنيز والبليريوم والكادميوم والأنتيمون والمعادن الثقيلة الأخرى.
- اللافلزات غير العضوية مثل مركبات الزرنيخ والفوسفور والكبريت والفلوريدات والسيلينيوم.

5. المواد الصلبة غير السامة:

وهي المواد التي تهيج خلايا الجهاز التنفسي مثل:

- الغاز الذي يحدث تلفيات في الرئة كالسيليكا والإسبستوس – الأتربة الخاملة واغلبها من المواد الكربونية.

- مسببات أمراض الحساسية مثل حبوب اللقاح والبكيتيريا والفطريات والميكروبات والنشارة والروائح الكريهة.
- المهيجات مثل التربة الحمضية والقلوية والفوريدات والكرومات. وكثير منها يؤدي إلى الإصابة بالسرطان.

الجسيمات العالقة تلوث الهواء:

يعتبر الهواء أهم العناصر الضرورية لإستمرار الكائن الحي، فالإنسان يمكنه البقاء حياً لعدة ايام بدون غذاء أو ماء، إلا أنة لا يستطيع العيش بدون هواء لأكثر من ثوان معدودة.

ويستطيع الإنسان أن يتحكم في جودة ونوعية الماء والغذاء إلا أنة لا يستطيع أن يتحكم في نوعية الهواء الذي يستنشقه ولهذا اهتمت المجتمعات والدول برصد ملوثات الهواء لما لها من صلة مباشرة بصحة الإنسان والنبات والكائنات الحية. وقد رافق النمو الإقتصادي والتوسع الصناعي – خلال العقود الثلاثة الأخيرة – في العديد من الدول الصناعية ظاهرة التلوث الصناعي التي تتصاعد نسبها بشكل مذهل إلى درجة فاقت معدلات النمو الإقتصادي التي تتراوح بين 5–20٪ سنويا بينما أرتفع معدل التلوث 30 ٪.

وقد ترتب على هذا زيادة في الانفاق على قطاعات الصحة العامة والطب العلاجي وحماية البيئة.

ومن أوضح الأمثلة على مايسببه التلوث من مشاكل ومايلحقه من أضرار على المجتمعات ويؤثر في نموها وتقدمها النموذج الأسيوي (تايلند، اندونسيا، ماليزيا، كوريا الجنوبية، هونج كونج) حيث يشير تقرير البنك الدولي إلى أن التلوث الهواء يؤدي إلى وفاة ما يقارب 12000 إنسان سنوياً في تايلند وأندونيسيا وإصابة قرابة 100,000 شخص بأمراض تحتاج إلى العلاج إلى جانب الملايين الذين تظهر عليهم أعراض أمراض الجهاز التنفسي والإلتهابات.

يتلوث الهواء بالعديد من الملوثات الغازية والصلبة التي تنبعث بفعل العوامل الطبيعيه أو بفعل الإنسان.

ويعتبر الهواء ملوثاً إذا دخلت على تركيبته الطبيعية مادة بتركيز كاف ولمدة كافية بأن تحدث الضرر بالأنسان أو الحيوان أو الممتلكات أو حتى استمتاع الإنسان بالبيئة المحيطة به.

وسنركز على تلوث الهواء بالجسيمات العالقة التي تعتبر أحد السمات المميزة لبيئتنا المحلية بشكل خاص والمنطقة بشكل عام وما تتركه هذه الجسيمات من آثار على الصحة والممتلكات.

وقبل الدخول في تعريفها وتفاصيلها نذكر بأن أجواء المملكة العربية السعودية تتعرض لعواصف رملية شديدة في بعض فترات السنة خاصة عندما تهب رياح الخماسين في فصل الربيع والتي تنتج عن وصول المنخفضات الجوية في المنطقة عبر شمال إفريقيا والتي تكون محملة بالغبار والأتربة.

وتحدث هذه الرياح تعكراً في أجواء المدن وتناقصا في الإشعاع الشمسي وتأثيرات أخرى مثل تدني مدى الرؤية الأفقية وتغيرات مناخية، وتأثيرات خطيرة على الطيران التجاري والحربي، حيث تؤدي الجسيمات العالقة إلى تأخير صعود ونزول الطائرات من مدرجاتها مما يؤثر على حركة الطيران والمسافرين خاصة من يرغب في موصلة رحلاته.

وهذا يؤدي إلى زيادة في التكلفة التشغيلية في المطارات بالإضافة إلى التكاليف الأخرى مثل صيانة الطائرات والأجهزة الإلكترونية الحساسة التي تتأثر بالجسيمات العالقة في الهواء.

ونتيجة لاختفاء الغطاء النباتي والظروف الصحراوية القاسية في شبه الجزيرة العربية فإن معظم الجسيمات العالقة في المملكة هي في الواقع من المصادر

الطبيعية والتي تتميز جسيماته بكبر حجمها وبالتالي فإنها لا تشكل خطراً على الصحة ولكنها في نفس الوقت تلعب دوراً كبيراً في حجب أشعة الشمس وتقليل مدى الرؤية الأفقية وتلوث الأسطح داخل المنازل وخارجها وتشكل عبئاً على البلديات لما تصرفه من مبالغ طائلة مقابل تنظيف الشوارع والأماكن العامة.

تعريف الجسيمات العالقة:

ويقصد بها الجسيمات الموجودة في الهواء والتي تشمل الغبار والدخان والهباب (soot) القطرات السائلة.

وتظل الجسيمات عالقة في الهواء فترة زمنية طويلة حيث تلعب العديد من العوامل مثل حجم الجسيمات وسرعة الريح دوراً كبيراً في طول بقائها عالقة في الغلاف الجوي. وبعض هذه الجسيمات تكون كبيرة وداكنة خاصة التي على هيئة دخان أما البعض الأخر فهي دقيقة الأجسام ولا يمكن رؤيتها بالعين المجردة ويمكن تصنيف أحجامها إلى:

- **الجسيمات العالقة الكبيرة:**

ويقصد بها الجسيمات التي تكون على هيئة سحب وضباب وفي أجواء بعض المدن. ونظراً لإحتواء الجسيمات على كبيرة من الجسيمات فإنة يصعب دخولها للجهاز التنفسي في الإنسان ولذلك من الصعب الربط بين هذه الجسيمات العالقة في الهواء وصحة الإنسان.

- **الجسيمات الدقيقة:**

وهي التي تكون اقطارها أقل من 10 ميكرون، فقد أشارت الدراسات إلى وجود علاقة بين تركيزها في الغلاف الجوي وصحة الإنسان حيث أكدت العديد من الدراسات وجود علاقة إحصائية بين الوفيات اليومية والتركيزات العالية لهذه الجسيمات دقيقة الأحجام.

- **الجسيمات الدقيقة جداً:**

وهي التي اقطارها اقل من 2.5 ميكرون فقد اشارات الدراسات إلى وجود علاقة كبيرة بينها وبين التأثيرات الصحية الخطيرة مثل الوفاة المبكرة وتفاقم حالات الربو ومراجعة عيادات الطوارئ وحالات التنويم في المستشفيات مع زيادة التركيز لهذه الجسيمات الدقيقة جداً.

ولوحظ ايضاً زيادة حالات السعال وصعوبة الام التنفس والإلتهاب المزمن للرئة وإنخفاض وظائف الرئة مثل صعوبة التنفس وزيادة عدد أيام الغياب في المدارس والعمل.

مصادر الجسيمات:

ويمكن تصنيف الجسيمات حسب مصدرها:

مصادر الطبيعة وتشمل:

1. **التربة:** حيث تنقل الرياح بقايا التربة خاصة في المناطق المكشوفة وغير المغطاة بالنبات لهذا تعتبر من المصادر الرئيسية للغبار العالق في المملكة حيث تغطي الصحاري والرمال معظم أجزاء المملكة بسبب المناخ الصحراوي الجاف الذي يسود المنطقة.

وهذه الموارد العالقة تشمل الرمل والطين والطمي ومواد قشرة الأرض المختلفة وتكون في الغالب كبيرة الاحجام ومعظم جسيمات التربة المتطايرة بفعل الرياح عبارة عن غبار كبير الأحجام قد يؤثر على مدى الرؤية الأفقية ولكن تأثير على صحة الأفراد العاديين محدود.

2. **الزلازل والبراكين** وما تطلقه من جسيمات وغازات ضارة إلى الغلاف الجوي حيث تكون هذة الجسيمات محملة ببعض المعادن السامة والموجودة في الصخور

أو بعض الغازات مثل غاز ثاني أكسيد الكبريت الذي يتحول إلى حمض كبرتيك.

3. الحرائق الطبيعية للغابات وذلك بفعل الجفاف الذي يؤدي إلى إنبعاث الجسيمات الملوثات الغازية في الغلاف الجوي مما يؤدي إلى إنتشارها لمسافات بعيدة.
4. البكتيريا والفيروسات: وتنبعث هذه الميكروبات إلى الهواء المحيط من المستنقعات ومياه المجاري، وقد تلتصق على الجسيمات مؤثرة على صحة الإنسان عند وصولها إلى الجهاز التنفسي.
5. حبوب اللقاح: وتنبعث هذه الجسيمات إلى الهواء المحيط محدثة أضرار كبيرة بالصحة خاصة بالنسبة للأفراد الذين يعانون من مشاكل في الجهاز التنفسي، مثل مرضى الربو والالتهاب الرئوي.
6. الجسيمات الملحية المنبعثة من تبخر المحيطات والبحار حيث تتواجد بمستويات عالية في الهواء فوق مياه البحار وعلى الشواطئ.

مصادر بفعل الإنسان:

يطلق عليها أحياناً .... Man made source.

المصادر الصناعية:

وتعني الجسيمات المتعلقة بفعل الإنسان ونشاطاتة المختلفة فاختراعاتنا لوسائل التكنولوجيا المختلفة والتي ساهمت في رفاهيته زادت حياته معاناة وتعقيداً، وتشمل هذه المصادر:

1. وسائل الموصلات المختلفة وخاصة سيارات الديزل والقطارات التي تطلق كميات كبيرة من الدخان والجسيمات المحملة بالملوثات الهوائية في الهواء المحيط.

2. العمليات الصناعية والتي تنتج من انبعاث الجسيمات المحملة ببعض المواد الكميائية وبعض الملوثات الغازية الناتجة عن الاحتراق.
3. محطات توليد الطاقة: والتي تستخدم الوقود الأحفوري سواء كان ذلك فحما أو ديزل أو وقوداً ثقيلاً أو غازاً طبيعياً.
4. وسائل التدفئة: ينتج عنها انبعاث الجسيمات والدخان وبعض الملوثات الضارة.
5. التخلص من النفايات المنزلية والخطرة بطريقة الحرق والتي مُنعت في معظم الدول المتقدمة بسبب تأثيرها على الصحة.

تأثير الغبار على الصحة:

لا يقتصر تأثير الغبار على صحة الإنسان فقط بل يؤثر أيضاً على الحيوان والنبات والممتلكات. ويتركز تأثير تلوث الهواء بالجسيمات العالقة على الجهاز التنفسي الذي يعتبر خط الدفاع الأول للإنسان حيث يعتبر الأنف المدخل الرئيسي لهذا النوع من التلوث.

ويعتمد تأثير الجسيمات على صحة الإنسان على العديد من العوامل أهمها:

تركيب الجسيمات الفيزيائي والكيميائي، حيث تستطيع معظم الجسيمات الدقيقة التي تكون اقطارها أقل من 2.5 ميكرون الوصول إلى الجهاز التنفسي للإنسان وأما الجسيمات التي تكون اقطارها أقل من 1 ميكرون فتصل بسهولة إلى أعماق الرئة ويعتبر الضرر الذي تحدثة هذه الجسيمات على شكل وهيئة الجسيمات، فالجسيمات الحادة مثل الاسبستوس (الألياف الصخرية) تفتك بالرئة وقد تؤدي إلى حدوث سرطان بها.

وكذلك يعتمد التأثير على التركيب الكيميائي للجسيمات، ففي الوقت الذي نجد أن الجسيمات التي مصدرها الطبيعة معظمها كبير الحجم وتكون

معظمها مـن مصـادر الطبيعـة مثـل الطين والرمـل، وفي المقابـل فـأن الجسـيمات الـتي مصـدرها الإنسـان مثـل عمليـات التكسـير والهـدم والبنـاء والعمليـات الصـناعية في الغالب جسيمات دقيقة الحجم (اقل من 2.5 ميكرون) وتحتوي على مركبات ضارة بالصحة.

وكذلك فإن الجسـيمات ذات المصدر الطبيعـي تتنـوع في المناطق الصناعية والنائية أمـا الجسـيمات ذات المصدر الصناعي فإنها تتركـز في منـاطق محـدودة وفي الغالب تكون مأهولة بالسكان مما يضاعف من خطورتها على الصحة العامة.

مصير الجسيمات العالقة في الهواء:

وتظـل الجسـيمات عالقـة في الهـواء لفـترات زمنيـة متفاوتـة قـد تكـون ثـوان محـدودة أو عدة أيام أو شهور إلا إنها في النهاية ستهبط على الأرض وستزال من الغلاف الجوي.

وتعتمـد فترة بقاؤها في الغلاف الجوي على سرعة الرياح وأحجام الجسيمات ووجود الرطوبة ونزول الأمطار والصقيع التي تغسل الغلاف الجوي من الملوثات.

ولا ينتهـي التـأثير إلى هنـا بـل إنهـا تلـوث الغطـاء النبـاتي والمسـطحات المائيـة والممتلكات وتعتمد تأثيرها على العديد من العوامل والتي سبق ذكرها.

وفي نهايـة المقـال لا يفـوتني أن أذكـر بعـض الجسـيمات فهـي تقلـل كميـة الإشـعاع الشمسـي السـاقط علـى الأرض، فهنـاك ظـاهرة التسـخين الحـراري للمـدن بسـبب بعـض ملوثـات الهـواء الغازيـة مثـل الأوزون وثـاني اكسـيد الكربـون وبخـار المـاء ومـركبات الكلورو فلورو كربون.

وبالتالي فإن الجسيمات تقلل من التأثير الحراري لأشعة الشمس.

كمـا أن الجسـيمات الدقيقـة تلعـب دوراً مهمـاً في عمليـة تكـوين المطـر، حيـث تتكثـف حبـات المطـر حولهـا. ولا ننسـى الـدور الـذي تلعبـة ميـاه الأمطـار في تنظيـف

الغلاف الجوي مما علق به من غبار بالإضافة إلى أن الماء عنصر رئيس من عناصر الحياة لا يقل أهمية عن الهواء.

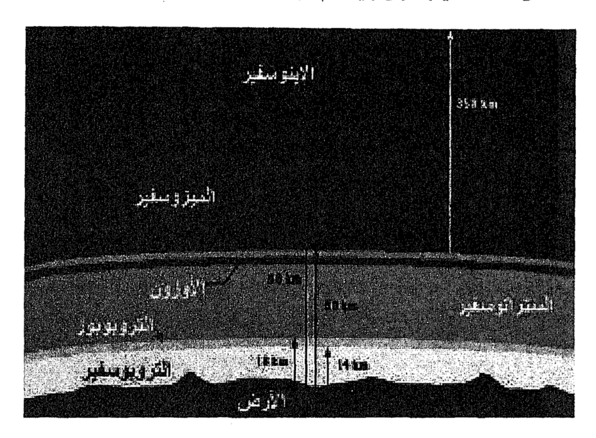
الجوانب التي تؤثر بشكل مباشر او غير مباشر على تلوث الهواء:

1. التوسع الصناعي، وعوادم المصانع الغازية التي تطلق في الجو.
2. إنتاج الطاقة من محطات توليد الكهرباء حيث يتم إحتراق الوقود (فحم – بترول – غاز طبيعي) وبالتالي إنبعاث ملوثات الهواء.
3. الإزدياد الهائل في عدد المركبات وما يتبع ذلك من عوادم هذه المركبات ولقد دلت التجارب أن السيارة الصغيرة تطلق من عادمها خلال كل ساعة تشغيل حوالي 60م3 من الغازات، أما سيارة النقل الكبيرة فينبعث من عادمها حوالي 120م3 كل ساعة.
4. الأعتداء المستمر على المساحات الخضراء وذلك على المستوي العالمي. (إمتصاص ثاني أكسيد الكربون، وإستقرار الجسيمات الدقيقة العالقة بالهواء على النباتات).
5. الإستخدام الخاطئ للمخلفات، فمثلا يستعمل البعض إطارات السيارات التالفة كوقود للحصول على الحرارة، فتحترق في الهواء وينبعث منها ملوثات خطيرة، كذلك حرق القمامة في الخلاء خارج المدن.
6. الإفراط في إستخدام المبيدات الحشرية.
7. كثرة المواد المتناثرة على هيئة جسيمات دقيقة في صناعات الأسمنت والمطاحن وأماكن تكسير وطحن الخامات.

ولفهم المتغيرات التي يمكن ان تؤثر على نوعية الهواء عند تلوثه، يجب أولا دراسة الغلاف الجوي الذي يحوي هذا الهواء.

تركيب الغلاف الجوي:

الغلاف الجوي هو حزام من الغازات يحيط بالكرة الأرضية وحتى إرتفاع 800 الى 1000 كيلو متر وهو ينقسم الى أربعة طبقات:



أ. طبقة الغلاف الجوي السفلي: **Troposphere**

وهي تصل الى إرتفاع 8- 16 كم عن سطح الأرض وهذه الطبقة تحوي الهواء الجوي ومكوناته.

ب. طبقة الأوزون **Stratosphere**

وهي على إرتفاع 12- 50 كم عن سطح الأرض وتختلف هذه الطبقة بكونها تحوي نسبة عالية من الأوزون ويتكون الأوزون نتيجة تفكك جزيئات الأوكسجين O_2 بفعل الأشعة فوق البنفسجية فينتج أوكسجين ذري نشيط من

خـلال تفاعـل كيميـائي ضـوئي ويتفاعـل الأوكسـجين الـذري النـاتج مـع جزيئـات الأوكسجين فيكون الأوزون:

$$O_2 \xrightarrow{UV} O + O$$

$$O_2 + O \longrightarrow O_3 \quad (OZONE)$$

وأهم وظيفة يقوم بها الأوزون هـي إمتصاص الموجـات القصيرة للأشـعة فـوق البنفسجية (UV) والتي إذا نفذت إلى الأرض توقع الضرر بالكائنات الحية.

ج. الطبقة المتوسطة **Mesosphere**:

وهـي على إرتفاع 50– 80 كم عن سطح الأرض وتتميز بقلة الغازات ويعـدم وجود بخار الماء ويتواجد الأوزون.

د. الطبقة العلوية الحرارية **Thermosphere**:

وهـي ابتـداء مـن إرتفـاع 80 كـم ممـا فـوق وتتواجـد الغـازات فيهـا بحـالتهـا لاذرية على شكل سحب ولا تحتوي هذه الطبقة على بخار الماء أو الأوزون.

والجـدير بالـذكر، إن الطبقـة السـفلي مـن الغـلاف الجـوي، هـي الـتي تتـأثر بالملوثات المتواجدة في الهواء.

أهمية الغلاف الجوي:

يلعـب الغـلاف الجـوي دوراً في خـواص الأرض وطبيعتهـا كمـا أنـه يـتحكم في ظـروف الحيـاة في البيئـة المحيطـة بنـا ويتجلـى ذلـك مـن خـلا الظـواهر والحقـائق التـالية:

1. بدون الغلاف الجوي ما ظهرت السماء كما نعرفها زرقاء ناصعة يغمرها ضوء الشمس في أثناء النهار ولظهرت السماء سوداء ليلاً ونهاراً.
2. لولا وجود الغلاف الجوي ما عرفنا ما نسميه بالجو والمناخ ولانعدمت الرياح والسحب والأمطار.
3. من خلال الغلاف الجوي عرف الإنسان النار ذلك الاكتشاف الذي أحدث انقلاباً خطيراً في حياة الإنسان على سطح الأرض.
4. بدون الغلاف الجوي لاستحال علينا أن نسمع بعضنا بعضاً ولعشنا في سكون تام.
5. تعتمد جميع الكائنات الحية بما فيها التي تعيش في أعماق البحار على الغلاف الجوي.

وبخلاف وظائف الغلاف الجوي السابقة الذكر فإنه يقوم كذلك بعدة مهام أساسية أخرى، تؤدي دوراً مهماً في حياة الإنسان على سطح هذه الأرض ومن هذه المهام مايلي:

1. في أثناء النهار يقوم هذا الغلاف الجوي مقام حاجز ضخم يحمي سطح الأرض وما عليها من كائنات ويرد عنها الإشعاعات الضارة الصادرة عن الشمس.
2. أما في أثناء الليل فيقوم الغلاف الجوي مقام غطاء شامل يساعد على احتباس حرارة النهار ويمنعها من الانتشار أو التسرب إلى الفضاء الخارجي وهو يشبه في ذلك تلك الأسقف الزجاجية المستعملة للغرض نفسه في صوبات النباتات.

تأثير الغازات الملوثة على الغلاف الجوي:

ينتج ثاني أكسيد الكربون من عمليات إحتراق الوقود في المحطات الحرارية المستخدمة لإنتاج الكهرباء وينتج كذلك كأحد غازات العوادم من إحتراق وقود المركبات.

ومـن خصـائص ثـاني أكسـيد الكربـون قدرتـه علـى إمتصـاص الموجـات فـوق الحمـراء مـن أشـعة الشـمس وهـذا يعـوق إنبعـاث وإنعكـاس هـذه الموجـات إلى طبقـات الغـلاف الجـوي الأخـرى، ويمـتص 80٪ مـن الموجـات القصـيرة للموجـات فـوق البنفسجية مع إنتاج طاقة عالية.

وقد إتضح أن زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون خلال الأربعين سنة الماضية أدت إلى إرتفاع درجة حرارة القشرة الأرضية بمقدار درجة واحدة مئوية، وإذا إستمر هـذا المعـدل يمكـن أن يـؤدي إلى ذوبـان الجليـد وانتشـار الفيضـانات في الأمـاكن المنخفضة.

ملوثات الهواء وتأثيراتها:

1. تلوث الهواء بثاني أكسيد الكربون:

ثـاني أكسـيد الكربـون أحـد الغـازات المكونـة للـهواء، كمـا يشـترك في دورة الكربـون في المحـيط الحيـويBiosphere، ونسـبته في الهـواء منخفضـة (حـوالي 0.03٪) بحيـث لا يشـكل خطـر مـن وجهـة نظـر التلـوث، ويتكـون غـاز ثـاني أكسـيد الكربون عند احتراق أي مادة عضوية في الهواء، ولا يختلف في ذلك الخشب أو الورق عن الفحم أو زيت البترول.

احتراق الفحم $C + O2 \longrightarrow CO2$

احتراق الغاز الطبيعي $CH_4 + O_2 \longrightarrow CO_2 + {}_2H$

ونظراً لأن غاز ثاني أكسيد الكربون من المكونات الطبيعية للهواء فإننا لا نشعر به عادة ولا نحس بآثاره الضارة في الحال.

ومن الملاحظ أن نسبة غاز ثاني اكسيد الكربون في الغلاف الجوي للأرض قـد ارتفعـت قلـيلاً في السـنوات الأخيرة عـن نسـبته الـتي سـبق قياسـها في بدايـة هـذا

القرن، ويرجع السبب في هذه الزيادة إلى تلك الكميات الهائلة من الوقود التي تحرقها المنشآت الصناعية، ومحطات الوقود ومحركات النقل في وسائل المواصلات.

ومن المعروف أن كل جرام من المادة العضوية المحتوية على الكربون تعطي عند احتراقها من 1.5 – 3 جرامات من غاز ثاني أكسيد الكربون.

وإذا تصورنا أن هناك عدة مليارات من الأطنان من الوقود تحترق في الهواء كل عام فنكون قد أضفنا إلى الهواء كل عام نحو 20 مليار طن من غاز ثاني أكسيد الكربون، وهي تمثل نحو 0.7٪ من كمية هذا الغاز الموجود طبيعياً في الهواء.

كما يعتبر غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج من الوقود والمتصاعد إلى الهواء واحد من أهم التعديلات التي أدخلها الإنسان على البيئة المحيطة به، وبذلك يكون الإنسان قد تدخل بشكل واضح في عملية الاتزان المعقدة القائمة بين الهواء والبحر والكائنات الحية. وتتلخص عملية الاتزان الطبيعية القائمة بين الهواء والماء والكائنات الحية بالنسبة لغاز ثاني أكسيد الكربون في أن جزءاً كبيراً من هذا الغاز يذوب في مياه البحار، كما أن النباتات تساهم مساهمة فعالة في امتصاص جزء كبير من غاز ثاني أكسيد الكربون المنطلق في الهواء لاستخدامه في بناء أجسامها، وفي تكوين ما تحتاجه من مواد عضوية، كما تقل نسبة الغاز إلى حد ما في فصل الربيع (وهو الفصل الذي تنشط فيه عمليات نمو النباتات) وتزداد نسبة هذا الغاز في فصل الشتاء عندما تصل قيمة عمليات التمثيل الضوئي في النباتات إلى أقل قيمة لها.

كما أن إزالة الغابات في بعض الأماكن (مثل البرازيل) تساعد بشكل ظاهر على زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون في الهواء، وعندما يذوب غاز ثاني أكسيد الكربون في الماء يعطي حمضاً ضعيفاً يعرف باسم حمض الكربونيك، ويتفاعل هذا الحمض مع بعض المكونات القلوية لقشرة الأرض، كما يتفاعل مع بعض الرواسب

الموجـودة في قيعـان البحـار مكونـاً مركبـات بسـيطة مثـل بيكربونـات وكربونـات الكالسيوم وغيرهما.

ولقـد أخـل التقـدم التكنولـوجي للإنسـان بهـذا التـوازن الطبيعـي إلى حـد كبير.

فلم تعد هذه العمليات السابقة مجتمعة بقادرة على التخلص من الزيادة الهائلة في كمية غاز ثاني أكسيد الكربون الناتجة من الإسراف الشديد في إحراق الوقود، والتي ينتج منها كل عام مليارات من الأطنان من هذا الغاز.

وهنـاك مـن يعتقـدون أنـه إذا اسـتمر إحـراق الوقـود وإزالـة الغابـات بالشكل الحالي فإن نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الهواء ستصل إلى الضعف تقريباً في أوائل القرن القادم (حوالي عام 2020م).

ويعتقـد كـثير مـن البـاحثين أن هـذه الزيـادة سـتنعكس في تغير منـاخ الكرة الأرضية. ويعود هذا التغير إلى أن جزيئات ثاني أكسيد الكربون تتميز بقدرتها على امتصـاص الأشـعة تحـت الحمـراء Infrared (الأشـعة الحراريـة)، ونظـراً لازديـاد تركيـز هـذا الغـاز في الغـلاف الجوي سوف تـزداد الحـرارة الممتصة وبالتـالي سـترتفع درجة حرارة الغلاف الجوي.

ونظراً لأن درجة حرارة سطح الأرض هي محصلة لاتزان دقيق بين مقـدار مـا يقـع علـى هـذا السـطح مـن أشـعة الشـمس، ومقـدار مـا يـنعكس منهـا ويتشـتت في الفضاء، فإن زيادة نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو تؤدي إلى امتصاص زيادة من الإشعاعات الحرارية المنعكسة من سطح الأرض والاحتفاظ بها، وتؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الجو عن معدلها الطبيعي.

وقد لا يؤدي ارتفاع درجة الحرارة ارتفاعاً بسيطاً إلى حدوث تغيرات ملموسة في أول الأمر.

ولكن استمرار الزيادة في نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو الناتجة من الزيادة المطردة في إحراق الوقود ستؤدي على المدى الطويل إلى ارتفاع درجة حرارة طبقات الغلاف الجوي الملاصقة بشكل ملحوظ.

إن آثار ارتفاع درجة الحرارة لن تكون متساوية، فمثلاً قد ترتفع درجة الحرارة بمقدار درجة مئوية واحدة عند خط الاستواء و12 درجة مئوية في القطبين، ومن ثم ستكون هنا كفروق إقليمية كبيرة في كيفية تأثر الناس بها والنظم البيئية بارتفاع درجة الحرارة وارتفاع مستوى سطح البحر. وبالرغم من صعوبة التنبؤ الدقيق بآثار ارتفاع درجة الحرارة وارتفاع مستوى سطح البحر في منطقة محدودة، يمكننا أن نتوقع أن ما يلي سوف يحدث في مكان ما:

1) أن ارتفاع درجة الحرارة للجو سيؤدي إلى:

أ. انصهار جزء من طبقات الجليد التي تغطي القطبين الشمالي والجنوبي للأرض، وانصهار الجليد المغطي لقمم الجبال في بعض المناطق مما سيؤدي إلى.

ب. ارتفاع مستوى سطح الماء في البحار والمحيطات وإلى.

ج. غمر مساحات كبيرة من السهول الساحلية التي تعتبر من أفضل الأراضي الزراعية في العالم.

د. وإلى إغراق كثير من حواف القارات بما عليها من مدن ومنشآت حيث تجتاح الفيضانات بعض المدن، كما قد تختفي بعض الجزر، وفي بعض الأحيان الدول الجزرية وإلى الأبد، كما ستهدد المنشآت الساحلية مثل الجسور وحواجز المياه والمرافق المرفئية وستتكلف حمايتها نفقات باهظة،

ه. كما سيزداد تآكل الشواطئ وتسرب المياه المالحة إلى الخزانات الجوفية وتلوثها.

و. وتفقد الأراضي الزراعية صلاحيتها للزراعة نتيجة لزيادة الملوحة.

2) كما أن توزيع سقوط الأمطار سوف يختل فتعاني بعض المناطق من الجفاف بينما تعاني مناطق أخرى من السيول.

وكنتيجة لذلك يتأثر الإنتاج العالمي للمحاصيل الزراعية وتحدث المجاعات.

3) كما أن الثروة السمكية ستتأثر لغمر الشواطئ.

بل أن النظام البحري سوف يختل بوجه عام مما يهدد بفقدان مصدر من مصادر الطعام.

4) وستصبح الزراعة في المناطق الجافة (ونحن منها) أكثر صعوبة.

وستتضاءل موارد المياه وستزيد درجة الحرارة المرتفعة من الطلبات على مياه الري.

5) ستسبب درجة الحرارة السريعة في القضاء على كثير من الغابات، كم ستجد بعض الأنواع أنها في بيئة غير بيئتها حيث لا يتوافر الوقت الكافي للتكيف، وهذا سيؤدي إلى اضطراب النظم التبيئية وربما إلى الأبد. إذ أن الكائنات الحية يمكن أن تتكيف إلى تغير قدره أو درجة مئوية خلال العقد الواحد.

6) وقد تنمو الغابات في مناطق الآسكا وشمال سيبيريا ويصبح رعى الماشية ممكناً ومتاحاً في أصقاع التندرة الأوراسيه والأمريكية.

كما ذكر الدكتور الشهاوي (رئيس قسم الفلك) إن الاضطرابات التي تحدث في الجو الآن تولد ظاهرة جوية شديدة التطرف، فهي تتشكل من الحرارة الشديدة جداً.

إلى البرودة وأحياناً ترتدي ثوب الرياح العاتية.. وأحياناً أخرى يسودها الهدوء والصفاء التام بشكل غير طبيعي لدرجة انه فجأة تزول كل هذه الاضطرابات ويروق الجو لعدة ساعات قد تمتد إلى يوم كامل.

هذا ما يحدث في الجو الآن تماماً مثلما تحدث الحمى في جسم الإنسان من أعراض.

وذكر خبير الفلك أن الدراسات الحديثة أثبتت أن هذا الانخفاض الحاد في درجات الحرارة الذي عاشته مصر خلال الفترة الأخيرة (من بداية عام 1992) هو نتيجة لارتفاع درجة حرارة سطح الأرض الناتج عن زيادة الملوثات الجوية وعبث الإنسان بالبيئة، حيث ازدادت كمية ثاني أكسيد الكربون – وغازات الاحتباس الحراري الأخرى مثل غاز الميثان وأكاسيد النيتروز وأول أكسيد الكربون والكلورفلوروكربون وغيرها من الغازات من الأسباب التي أدت إلى احتفاظ الغلاف الجوي بحرارة تعادل الحرارة الناتجة عن تفجير 50 الف قنبلة نووية على الأقل.

وهذه الحرارة الرهيبة هي التي تحدث حالة (الحمى الجوية) وتؤثر في الظروف الجوية في ثلاث اتجاهات.

فهي ذات تأثير يمتد عدة ساعات، وتأثير آخر قد يمتد إلى عدة أيام، وتأثير ثالث مستمر مادامت الحرارة محتبسة.

وهناك تأثير آخر يسببه أيضاً اختزان الحرارة في الغلاف الجوي ويؤثر على تحريك الكتل الهوائية.

فهذه الحرارة تحدث انحرافاً في اتجاه الحركة. فبدلا من أن تتحرك الكتل الهوائية من غرب أوروبا إلى شرقها فإن الحرارة المحتبسة قد تدفعها لتعبر البحر الأبيض المتوسط وتصل إلى شواطئ جمهورية مصر العربية فتحدث ظواهر مناخية غير متوقعة كالأمطار الشديدة المستمرة لعدة أيام عديدة أو برودة قارصة متتالية لعدة أيام حسب استمرار وجود الكتلة الهوائية في المنطقة.

وهـذا نكـاد نسـلم بأننـا نغـير مـن الأرض بطـرق قـد تصبـح تهديـد الحيـاة الحيوانية والنباتات بما في ذلك انفسنا.

2. تلوث الهواء بغاز أول أكسيد الكربون:

أول أكسيد الكربون غاز عديم اللون والرائحة وهو من اشد الغازات الملوثة للهواء سمية، ويتميز بحوالي 0.03 جزء من المليون، وتتأكسد كمية قليلة منه وتتحول إلى ثاني أكسيد الكربون ولكن هذه العملية قلية الأهمية. وتشير بعض الدراسات إلى أنه يشترك في بعض التفاعلات الكيموضوئية المكونة للضباب الدخاني.

ويتكون هذه الغاز نتيجة الاحتراق الغير كامل (الأكسدة غير الكاملة) للوقود المحتوي على الكربون، خصوصاً في محركات السيارات.

$$2C + O2 \longrightarrow 2CO$$

وعلى الرغم من أن نسبة هذا الغاز تقل كثيراً عن نسبة ثاني أكسيد الكربون إلا أنه يتصف بسميته الشديدة، ويعتبر من أخطر الغازات على صحة الإنسان والحيوان.

إذ تبين الدراسات المتعددة إلى أن التراكيز المرتفعة من غاز أول أكسيد الكربون في الهواء تسبب تغيرات فسيولوجية ومرضية في جسم الإنسان يمكن أن ينتج عنها الموت، ويؤثر هذا الغاز على جسم الإنسان والحيوانات في انه يحرم أنسجة الجسم من الأكسجين وذلك باتحاده مع الهيموجلوبين Hemoglobin مكوناً الكاربوكسى هيموجلوبين Carboxy hemoglobin (CO Hb) الذي يتميز بعدم قدرته على الاتحاد مع الأكسجين.

مما ينتج عنه نقص أكسجين الدم في البدء ومن ثم نقص أكسجين عام يؤثر على جميع الأجهزة المختلفة في الجسم.

وعندما تزيد كميته قليلاً فقد يتسبب في انسداد الأوعية الدموية محدثاً الوفاة.. كذلك يتدخل هذا الغاز في عمل بعض الإنزيمات ويقلل من كفاءتها.

ومما يزيد الأمر سوءاً أن الهيموجلوبين يتحد مع أول أكسيد الكربون أكثر مما يتحد بالأكسجين بحوالي 210 – 250 تقريباً. وعند التوقف عن تنفس الهواء الملوث بأول أكسيد الكربون فإن أول أكسيد الكربون المرتبط بالهيموجلوبين يتحرر ويتخلص الجسم منه بمعدل نصف كميته كل ثلاث إلى أربع ساعات.

كما يؤثر تشكل كاربوكس هيموجلوبين (CO Hb) إضافة إلى نقص كمية الأكسجين التي يحملها الدم إلى أنسجة الجسم المختلفة، في إعاقة تحرير الأكسجين الذي يحمله الهيموجلوبين غير المرتبط مع أول أكسيد الكربون.

وينتج عن هذا نقص قدرة الهيموجلوبين على نقل الأكسجين إلى أجزاء الجسم المختلفة.

جدول يوضح تأثير كاربوكسي هيموجلوبين في الدم wark & warner 1976م).

التركيز	التأثير
1	لا يلاحظ أي أثر.
1 – 2	تغير في تصرفات الأشخاص.
2 – 5	تأثير في الجملة العصبية، سوء في الشعور بالزمن، نقص في الرؤية، تأثيرت عصبية ونفسية وإرهاق.
أكثر من 5	تأثيرات في القلب والجهاز التنفسي وآلام في الرأس وحاجة كبيرة إلى النوم.

ويزداد تأثير غاز أول أكسيد الكربون إذ كان الأشخاص يعانون من أمراض في الجهاز التنفس أو أمراض فقر الدم.

ويتحد أول أكسيد الكربون إضافة إلى ذلك مع الحديد في الخمائر التنفسية ويحوله إلى حديد غير فعال.

3. تلوث الهواء بغاز ثاني أكسيد الكبريت:

أكاسيد الكبريت وتأثيرها:

توجد أكاسيد الكبريت في الهواء على هيئة ثاني أكسيد الكبريت SO_2 وثالث أكسيد الكبريت SO_3.

ويعتبر غاز ثاني أكسيد الكبريت من أخطر ملوثات الهواء وهو غاز حمضي أكّال، وهو غاز غير قابل للاشتعال وعديم اللون.

ويحتوي أغلب أنواع الوقود (مثل الفحم وزيت البترول) على نسبة ما من مركبات الكبريت في تكوينها، وعند إحراق هذا الوقود بتأكسد ما به من كبريت إلى ثاني أكسيد الكبريت الذي ينطلق في الهواء مصاحبا غاز ثاني أكسيد الكربون، كما ينتج غاز ثاني أكسيد الكبريت أيضاً كناتج ثانوي في بعض الصناعات التي تتعلق باستخلاص بعض الفلزات من خاماتها.

مثل عمليات استخلاص فلز النحاس من خامة كبريتيد النحاس، وتساهم هذه العمليات في إنتاج قدر وفير من هذا الغاز، ويشترك بعض المصادر الطبيعية في إطلاق غاز ثاني أكسيد الكبريت في الهواء مثل البراكين.. ومثال ذلك بركان إتنا Etna وهو البركان الوحيد من هذا النوع في أوروبا الذي يطلق كل عام من غاز ثاني أكسيد الكبريت ما يعادل نحو مليوني طن من حمض الكبريتيك في الهواء.

ويعتبر غاز ثاني أكسيد الكبريت أحد العناصر الرئيسية التي تسبب ظاهرة الأمطار الحمضية التي تتساقط أحياناً على بعض المناطق في كثير من الدول، ويتحد هذا الغاز تحت بعض الظروف الخاصة بأكسجين الهواء معطياً غازاً آخراً يعرف باسم ثالث أكسيد الكبريت، وعندما يذوب هذا الغاز في بخار الماء الموجود في الهواء يعطي حمضاً قوياً يعرف باسم حمض الكبريت، وينتشر هذه الحمض في الهواء ويبقى معلقاً فيه على هيئة رذاذ دقيق يشبه الايروسول، ثم يتساقط بعد ذلك على سطح الأرض مع مياه الأمطار، ومع الجليد فيلوث التربة ويلوث المجاري المائية مثل الأنهار والبحيرات، ويؤدي إلى الإخلال بالتوازن الطبيعي، ويضر بحياة مختلف الكائنات الحية بما فيها الإنسان.

كما تسبب زيادة نسبة غاز ثاني أكسيد الكبريت في الهواء في حدوث أضرار أخرى.

فقد يؤدي ذلك إلى تأكل أحجار المباني والتماثيل ويساعد على سرعة صدأ المعادن.

ويزيد تأثير أكسيد الكبريت في الأجواء الرطبة والملوثة بالغازات والجزيئات المعلقة.

وعندما يختلط هذا الغاز بالضباب الدخاني فوق المدن فإنه يسبب أضرار بالغة لسكان هذه المدن، وقد يؤدي إلى وفاة المصابين منهم بأمراض الجهاز التنفسي.

ويدخل ثاني أكسيد الكبريت إلى الجسم عن طريق جهاز التنفس ويتم إخراجه عن طريق البول على هيئة كبريتات. ويؤثر هذا الغاز على الجهاز التنفسي للإنسان والحيوانات:

1. إذ يعمل على التخريش الشديد للأغشية المخاطية مسبباً السعال الجاف والألم الصدري والتهاب القصبات الهوائية وضيق التنفس.

2. كما تسبب التراكيز المرتفعة لهذا الغاز، تشنج الحبال الصوتية الذي قد يؤدي إلى تشنج فجائي واختناق.
3. والتعرض الطويل لتراكيز ولو منخفضة من ثاني أكسيد الكبريت في الهواء يسبب ظهور أعراض نقص حس الذوق (الطعم) وحس الشم والتهاب القصبات المزمن والتصلب الرئوي.

والدراسات التي أجريت في نيويورك (EPA 1974م) تبين ان الأطفال من أعمار سنة وحتى 12 سنة والذين يعيشون في الأوساط الملوثة بثاني أكسيد الكبريت يعانون من التهاب القصبات الهوائية بنسبة تزيد بمعدل 20٪ عن الأطفال من الأعمار نفسها والذين يعيشون في أوساط غير ملوثة.

4. ويعتبر غاز ثاني أكسيد الكبريت من أخطر الملوثات الهوائية فإضافة لكونه يسبب إصابة الرئتين وأجزاء الجهاز التنفسي الأخرى في الإنسان والحيوانات بالالتهابات. فإنه يعيق عملية التنظيف التي تقوم بها الشعيرات التي تبطن الأجزاء الرئيسية للجهاز التنفسي كما يهيج الغشاء المخاطي للعيون ويهيج الجلد. وأغلب تأثيراته لها صفة الديمومة وقليلاً ما يؤثر فيها العلاج.

لا تقتصر سمية ثاني أكسيد الكبريت على الإنسان والحيوان فقط، وإنما تؤثر أيضاً على النباتات.

ويظهر هذا التأثير بزوال اللون الأخضر بين عروق الورقة حيث يتحول بالتدريج إلى اللون الأصفر أو البني.

وتتوقف الأضرار التي تلحق بالأوراق على كمية ثاني أكسيد الكبريت التي تنفذ إلى داخل الأوراق عبر الثغور، ولهذا فالعوامل التي تزيد من تفتح الثغور تزيد أيضاً من الأضرار التي تلحق بالنباتات من جراء ثاني أكسيد الكبريت، وبالتالي لا تتوقف الأضرار التي تصيب النباتات على تركيز هذا الغاز في الجو وإنما أيضاً على الكمية التي تدخل الأوراق. وبالمقابل فإن العوامل التي تقلل من تفتح

الثغور كالإجهادات المائية water stress تزيد من مقاومة النباتات لتأثير غاز ثاني أكسيد الكبريت.

1) ثالث أكسيد الكبريت SO_3 وحمض الكبريت H_2SO_4

اما المركب الكبريتي الآخر الملوث للهواء فهو ثالث أكسيد الكبريت الذي يتشكل من أكسدة ثاني أكسيد الكبريت تحت تأثير الأشعة الشمسية.

إضافة إلى أن بعض من ثالث أكسيد الكبريت يتشكل مباشرة من احتراق الوقود الحاوي على الكبريت.

$$2SO_4 \longrightarrow 2SO_2 + O_2$$

وعند توافر الرطوبة في الجو تتشكل جزيئات سائلة دقيقة جداً (Mist) من حمض الكبريت تحت تأثير الرطوبة:

$$SO_3 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4$$

وعندما يحدث مثل هذا التحول فإن الملوثات الأصلية التي تشكلت نتيجة الاحتراق تسمى بالملوثات الأولية Primary Air Pollutants مثل ثاني أكسيد الكبريت.

أما الملوثات الجديدة والتي تشكلت نتيجة تفاعلات كيميائية حدثت في الهواء فتسمى بالملوثات الثانوية Secondary Air Pollutants مثل ثالث أكسيد الكبريت SO_3 وحمض الكبريت H_2SO_4.

ولحمض الكبريت المتشكل (والذي يكون معلقاً في الهواء الرطب على شكل جزيئات مجهرية دقيقة) أضرار كبيرة سواء على الجهاز التنفسي، حيث يصل إلى

الرئتين مع هواء الشهيق، أو على الأنسجة الحية والأنسجة الصناعية وخاصة النايلون Nylon stockingوايضاً على مواد البناء والمعادن.

ومن الجدير بالذكر أن حمض الكبريت بالإضافة إلى حمض الآزوت (HNO3) هما المكونان الرئيسيان اللذان يدخلان في تركيب ما يسمى بالأمطار الحامضية Acid Rains، والتي أصبحت أحد اكبر المشاكل التي تقلق الدول الصناعية سواءً في أمريكا الشمالية أو في غرب أوروبا.

وقد أدت الأمطار الحامضية إلى تغير الرقم الهيدروجيني لمياه الأنهار والبحيرات والتربة وانعكس هذا التغير في موت الكثير من النباتات والحيوانات المائية.

وفي تراجع الغابات وأشكال الغطاء النباتي الأخرى وفي زيادة تآكل وتخريب المعادن ومواد البناء.

2) غاز كبريتيد الهيدروجين H2S

ينتج غاز كبريتيد الهيدروجين من تخمر المخلفات البشرية السائلة، ومن احتراق المواد التي تحتوي على الكبريت ومن الصناعات الجلدية، وصناعة تكرير النفط، وصناعة المطاط وغيرها.

ويتميز برائحته الخاصة والتي تشبه رائحة البيض الفاسد. ويعتبر غاز كبريتيد الهيدروجين أكثر سمية من أول أكسيد الكربون ويدخل الجسم عن طريق التنفس والجلد.

ويؤثر في الجهاز العصبي المركزي ويثبط عملية الأكسدة الخمائرية مما يحدث اضطراباً في التنفس الخلوي. كما يؤثر في القدرة على التفكير إضافة إلى تهيج وتخريش الأغشية المخاطية للمجاري التنفسية وملتحمة العين والتهاب الحنجرة والقصبات .

4. تلوث الهواء بأكاسيد النيتروجين:

أهم أكاسيد النيتروجين الملوثة للهواء هو أول أكسيد النيتروجين NO وثاني أكسيد النيتروجين NO_2 والتي تشكل من اتحاد النيتروجين الجوي والأكسجين في درجات الحرارة العالية التي تنتج من عملية الاحتراق، وتنتج السيارات حوالي 70٪ من أكاسيد النيتروجين أما الكميات الباقية فتنتج من الصناعات المختلفة ومن محطات الطاقة وغيرها.

تمتص أكاسيد النيتروجين وخاصة ثاني أكسيد النيتروجين قسماً من الأشعة الشمسية المرئية وإذا وصل تركيزها في الهواء إلى 0.25 جزء من المليون يصبح من أسباب انخفاض مدى الرؤية.

كما تؤثر أكاسيد النيتروجين على النباتات معيقة لنموها. كما ينخفض إنتاج الحمضيات (الموالح) وخاصة البرتقال، من الثمار إذا وصل تركيز ثاني أكسيد النيتروجين إلى 0.25 – 1 جزء من المليون.

أما تأثير أكاسيد النيتروجين على الإنسان فيتراوح بين الرائحة غير المستحبة والحساسية الخفيفة إذا وجدت في الهواء بتراكيز منخفضة إلى تأثيرات على الجهاز التنفسي مشابهة لتأثير ثاني أكسيد الكبريت إذا كانت تراكيزها مرتفعة (6– 12 جزء من المليون) وأكثر ما يعاني من أكاسيد النيتروجين الأطفال الذين تتراوح أعمارهم بين عامين وثلاثة أعوام.

وتشترك أكاسيد النيتروجين مع غازي ثاني أكسيد الكبريت في تكوين الأمطار الحامضية وذلك لأن أكاسيد النيتروجين سهلة الذوبان في الماء، وهي تمتزج ببخار الماء المنتشر في الجو لتعطي حمضاً قوياً هو حمض النتريك، فالهواء خليط من الغازات ذائبة الحركة، ويوجد في داخله كثير من التيارات الصاعدة والهابطة التي تؤدي إلى امتزاج طبقات الهواء في حدود معينة، ويحدث مثل هذا الانتشار كذلك بالنسبة لأكاسيد النيتروجين.

وعندما تصل هذه الأكاسيد إلى طبقة الأوزون الموجودة في طبقات الجو العليا، والتي تحمي سطح الأرض من غوائل الأشعة فوق البنفسجية الآتية من الشمس، فإنها تحدث كثيراً من الضرر لهذه الطبقة وتؤدي إلى تفكك الأوزون.

ويعتبر غاز ثاني أكسيد النيتروجين من الملوثات شديدة الخطورة لأنه يشكل المفتاح الذي يدخل في سلسلة التفاعلات الكيموضوئية التي تنتج عنها تشكل الضباب الدخاني Smog وذلك بوجود الهيدروكربونات وثاني أكسيد الكبريت والأشعة الشمسية.

وتبدأ التفاعلات التي ينتج عنها تشكل الضباب الدخاني (والتي لا يزال الكثير من سماتها غير واضح) عند امتصاص ثاني أكسيد النيتروجين للأشعة فوق البنفسجية من الإشعاع الشمسي حيث يتشكل أول أكسيد النيتروجين والأكسجين الذري:

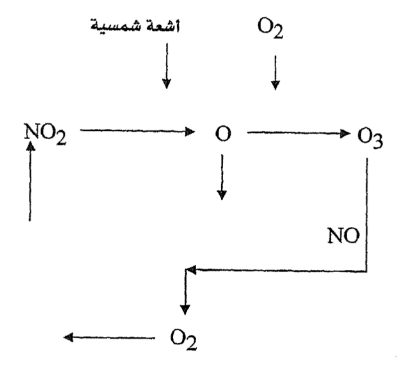
$$NO_2 + hv \longrightarrow NO + O$$

ويتفاعل الأكسجين الذري الناتج عن التفاعل السابق مع الأكسجين الجزيئي مكوناً الأوزون:

$$O + O_2 \longrightarrow O_3$$

ويتفاعل الأوزون مع أول أكسيد النيتروجين ويكون ثاني أكسيد النيتروجين:

$$O_3 + NO \longrightarrow NO_2 + O_2$$



التفاعلات الكيموضوئية لثاني أكسيد النيتروجين في الغلاف الجوي:

ولكـن الهيـدروكربونات الموجـودة في الهـواء تتفاعـل مـع أول أكسـيد النـيتروجين وتوقـف تحـول الأوزون إلى أكسـجين جزيئـي ممـا يـؤدي إلى تـراكم الأوزون.

يتفاعـل الأكسـجين الـذري مـع الهيـدروكربونات ويتكـون كيميائيـاً مـا يعرف بالشق (الجذر) الـذي يأخـذ دوره في سلسلة التفـاعلات التي ينـتج عنهـا شـقوق (جذور) أكثر تتفاعل بـدورها مـع الأكسجين الجزيئي والكربوهيـدرات وأول أكسـيد النـيتروجين ويتشـكل ثـاني أكسـيد النـيتروجين مـرة ثانيـة ويختفـي أول أكسـيد النيتروجين كمـا يبدأ الأوزون بـالتراكم، والتفاعل مـع الهيـدروكربونات. وتتشـكل نتيجـة هـذه التفـاعلات مـواد وغـازات ملوثـة متعـددة نـذكر منهـا الفورمالدهيـد formaldehyde والألدهيد Higher aldehydes وحمض الفورميـك formic Acid والكاربونيل carbonyl والأوزون Organic Nitrate وأول أكسـيد الكربون وثاني أكسيد الكربون وغيرها.

بعض الآثار الضارة بالبيئة والناجمة عن تلوث الهواء ومنها:

أ. الأمطار الحامضية.

ب. الإخلال بطبقة الأوزون.

(أ) الأمطار الحمضية:

يعتبر ماء المطر حمضياً عندما يكون تركيز أيون الهيدروجين فيه أكثر من تركيز أيون الهيدروجين في الماء، ويستخدم العلماء ما يعرف بالرقم الهيدروجيني (pH) للتعبير عن حموضة المحاليل أو قلويتها، فالماء المتعادل يكون رقمه الهيدروجيني 7 (pH =7)، فإذا ازداد هذا الرقم عن ذلك فأصبح 8 أو 9 او أكثر من ذلك كان المحلول قلوياً (مثل محلول الصودا الكاوية أو محلول كربونات الصوديوم)، أما إذا قل الرقم الهيدروجيني عن 7 فاصبح 6 او pH 5 او اقل من ذلك كان المحلول حامضياً (مثل عصير الطماطم أو عصير الليمون أو الخل).

ولقد تبين حالياً بما لا يدع مجالاً للشك أن السبب الرئيسي في تكوين الأمطار الحمضية هو محطات القوى والمراكز الصناعية الضخمة التي تنتشر في كثير من الدول، والتي تحرق كميات ضخمة من الوقود وتدفع إلى الهواء يومياً بكميات هائلة من الغازات الحمضية (مثل ثاني أكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين وأكاسيد النتروجين)... وتحمل الرياح هذه الغازات من مكان لآخر... وبذلك يمتد تأثيرها وفعلها أحياناً إلى مسافات بعيدة كل البعد عن المصدر الذي خرجت منه.

ولا توجد هناك فكرة واضحة عن الطريقة التي تتكون بها الأمطار الحمضية في الهواء الجوي ولكن يعتقد أن الغازات المحتوية على الكبريت (وأهمها غاز ثاني أكسيد الكبريت) تتفاعل مع أكسجين الهواء في وجود الأشعة فوق البنفسجية الصادرة عن الشمس، وتتحول إلى ثالث أكسيد الكبريت والذي يتحد بعد ذلك مع بخار الماء الموجود في الجو ليعطي حمض قوي هو حمض الكبريتيك.

ويبقى حمض الكبريتيك المتكون معلقاً في الهواء على هيئة رذاذ دقيق تنقله الرياح من مكان لآخر.

ثاني أكسيد الكبريت + أكسجين ← ثالث أكسيد الكبريت + ماء ← حمض كبريتيك

$$H_2SO_4 \leftarrow H_2O + SO_3 \leftarrow \frac{1}{2}O_2 + SO_2$$

وقد يتحد جزء من رذاذ هذا الحمض مع بعض المواد القلوية التي قد توجد في الهواء (مثل النشادر)، وينتج في هذه الحالة مركب جديد يسمى كبريتات النشادر.

وعندما يكون الجو جافاً، ولا توجد فرصة لسقوط الأمطار فإن رذاذ حمض الكبريتيك ورقائق كبريتات النشادر يبقيان معلقين بالهواء الساكن ويظهران على هيئة ضباب خفيف ذي طعم لاذع.. وعندما تصبح الظروف مناسبة لسقوط الأمطار، فإن كلاً من هذه الجسيمات والرقائق تذوب في ماء المطر، وتسقط معه على سطح الأرض على هيئة مطر حمضي.

وعندما يكون الجو شديد البرودة فإن رذاذ الحمض يتساقط مع الجليد ويبقى مختلطاً ببلوراته التي تكسو سطح الأرض، وتشترك أكاسيد النتروجين مع أكاسيد الكبريت في تكوين الأمطار الحمضية، وتنشأ أكاسيد النتروجين من إحراق الوقود في محطات القوى والمنشآت الصناعية، وفي آلات الاحتراق الداخلي.

كما تتحول أكاسيد النتروجين في وجود أكسجين الجو والأشعة فوق البنفسجية إلى حمض قوي آخر (هو حمض النتريك ويبقى هذا الحمض معلقاً بالهواء الساكن وينزل مع مياه الأمطار مثل حمض الكبريتيك مكوناً الأمطار الحمضية، ولهذه الأمطار الحمضية آثار سيئة، فهي عندما تسقط على سطح الأرض تتفاعل مع بعض مكونات التربة القلوية وتعادلها، كما أنها تساعد كذلك على تفتيت كثير من الصخور، فعندما تسقط هذه الأمطار الحمضية على الأراضي

الجيرية (مثل حوض الأراضي المحيطة بباريس في فرنسا) فإنها تذيب قدراً كبيراً من عنصر الكالسيوم الموجود في التربة وتحمله معها إلى مياه الأنهار، وتؤدي هذه العملية إلى حدوث عدة أضرار هي:

أ) حدوث نخر في التربة.

ب) زيادة مطردة في تركيز الكالسيوم في مياه الأنهار.

ج) ذوبان بعض هذه الفلزات الهامة في مياه الأمطار الحمضية يبعدها عن جذور النباتات.

ومن أمثلة هذه الفلزات الكالسيوم والبوتاسيوم والمغنيسيوم التي تحملها مياه الأمطار إلى المياه الجوفية بعيداً عن جذور النباتات مما يقلل من جودة المحاصيل ويقلل من إنتاجها.

وعندما تسقط هذه الأمطار الحمضية على الأراضي ذات التربة الجرانيتيه كما في دولة السويد والنرويج وفنلندة فهي تؤدي إلى تفتت بعض هذه الصخور وترفع من درجة حموضة البحيرات.

وتبلغ حموضة المناطق الشمالية من أوروبا الغربية إلى نحو 3 – 4 pH وهو ما يعادل 100 مليجرام من حمض الكبريتيك في كل لتر من الماء.

كما تؤدي الأمطار الحمضية إلى الإضرار بكثير من المجاري المائية المكشوفة والبحيرات المقفلة خاصة، فهي ترفع من حموضة هذه البحيرات، وقد تقضي هذه الحموضة الزائدة على كل ما في هذه البحيرات من كائنات (أهمها الأسماك وخلافه)، وقد لوحظ مثل هذه الظاهرة في بعض الأنهار الأوروبية التي تتساقط عليها الأمطار الحمضية بشكل دوري.

ومن أمثلة ذلك أن ولاية نيويورك كان بها عام 1930 م نحو 8 بحيرات تقل حموضها عن pH 5 > ووصل عدد هذه البحيرات في عام 1974 م إلى نحو 109

بحيرات.. وقد تسببت الحموضة في خلو هذه البحيرات من الكائنات الدقيقة ومن الأسماك، وحتى النباتات لم تستطع أن تتأقلم مع هذه الظروف الجديدة.

فذبل أغلبها ومات ولم يبقى بهذه البحيرات الحمضية إلا بعض أنواع الفطريات التي استطاعت أن تقاوم تأثير الوسط الحمضي.

وقد استطاع بعض البحيرات أن يقاوم تأثير الأمطار الحمضية في حدود معينة، وذلك لأن قيعان بعض هذه البحيرات كانت تحتوي على صخور قلوية كان لها بعض الأثر في معادلة الأمطار الحمضية والاحتفاظ بمياه هذه البحيرات في حالة متعادلة.

ومن الطبيعي أن هذه حالات نادرة، فأغلب البحيرات التي تعرضت للأمطار الحمضية زادت حموضة مياهها وأصبحت لا تصلح لمعيشة الكائنات الحية، كذلك تبين أن حوالي 20٪ من بحيرات السويد تعاني الآن من ارتفاع حموضة مياهها للأسباب السابقة نفسها.

ولا تتوقف أضرار الأمطار الحمضية على تلوث المجاري المائية نفسها بل يمتد هذا الضرر إلى المحاصيل الزراعية والغابات، وتقاسي ألمانيا الغربية من هذه الظاهرة، فيقدر ما تخسره سنوياً من أشجار الغابات والأخشاب بسبب هذه الأمطار الحمضية بنحو 800 مليون دولار، بالإضافة إلى ما يتلف من المحاصيل الزراعية الأخرى التي تقدر قيمتها بنحو 600 مليون دولار في العام. كما أنه في بعض الأحيان تؤثر الأمطار الحامضية في مياه الشرب، فقد لوحظ أن مياه أحد الخزانات بولاية ماساشوستس بالولايات المتحدة (ويعرف بخزان كوابين Quabbin Reservoir) قد زادت حموضتها بشكل ملحوظ نتيجة سقوط الأمطار الحمضية مدة طويلة من العام، وقد تسببت هذه المياه في تآكل بعض قنوات المياه، وبعض المعدات المعدنية المتصلة بهذا الخزان، كما زادت نسبة الرصاص في مياه الشرب المأخوذة من هذا الخزان، بما يمثل خطراً كبيراً على الصحة العامة. وتؤدي الأمطار

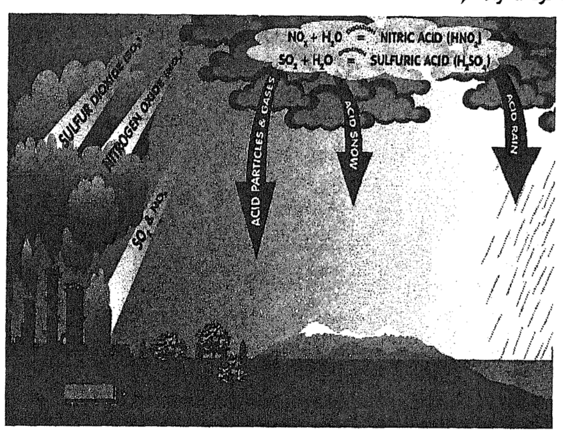
الحمضية إلى إذابة نسبة كبيرة من بعض الفلزات الثقيلة من التربة، وتحملها إلى مياه البحيرات.

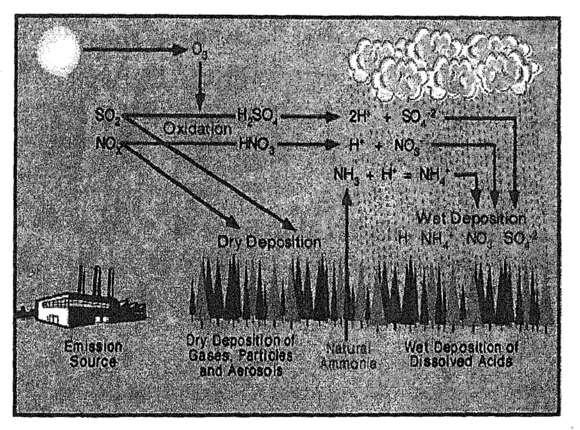
ومن أمثلة هذه الفلزات الرصاص والزئبق والألمنيوم وهي تسبب كثيراً من الضرر للكائنات الحية التي تعيش في هذه المياه، لأنها تتجمع بمرور الزمن في أجسامها.

وقد قلت أعداد الطيور في بعض هذه المناطق بعد أن قتل كثير منها نتيجة غذائها على الحشرات التي تحتوي أجسامها على نسبه عالية من الألمنيوم الذي جرفته مياه الأمطار الحمضية من سطح التربة وحملته إلى الماء، كما تمتد الآثار الضارة للأمطار الحمضية إلى المدن.

وتشير المعلومات إلى أن احتراق آبار النفط في الكويت قد أدى إلى تشكل الأمطار الحمضية. إذ يعتبر نفط الكويت غنياً بالكبريت، واحتراق ثلاثة مليون برميل يومياً أدى إلى إنتاج عدة ملايين من الأطنان من ثاني أكسيد الكبريت وإطلاقها في الغلاف الجوي، إضافة إلى حجم مماثل من أكاسيد النيتروجين التي أدت مجتمعة إلى هطول الأمطار الحمضية التي تتلف المزروعات والنباتات وتلوث البحيرات والبحار الأمر الذي يعرض الثروة السمكية للتلوث ويشكل خطورة على صحة البشر.

إلا أن تأثير الأمطار الحمضية في الكويت والمناطق المحاذية لها يعتبر محدوداً عموماً بسبب ندرة الأمطار من ناحية ولأن الطبيعة القلوية للتربة تقلل من التأثيرات السلبية للأمطار الحمضية لأنها تتعادل معها.





الأمطار الحامضية

(ب) الأخلال بطبقة الأوزون:

ما هو غاز الأوزون ؟

الأوزون غاز شفاف ورمزه الكيماوي (O_3)، أي يتكون من ثلاث ذرات من ذرات الأكسجين لأنه في حقيقة الأمر صورة غير مستقرة من صور الأكسجين الذي يتكون الجزئ الواحد منه اتحاد ذرتين (O_2)، والأوزون هو غاز يميل إلى الزرقة، ونسبته في الغلاف الجوي ضئيلة، وقد لا يتجاوز في بعض الأحيان واحد من المليون. وهو غاز سام للإنسان حتى ولو تناوله بجرعات صغيرة.

ولذلك فمن رحمة الله بعباده أن تكونه لا يتم قريباً من سطح الأرض حتى لا يستنشقه الإنسان أو الحيوان لأن تنفس قدر ضئيل منه يحدث تهيج في الجهاز التنفسي وقد يؤدي إلى الموت في النهاية.

كما أنه له القدرة على إتلاف النباتات وكثير من المواد الأخرى (مثل المطاط وبعض أنواع الملابس).

ويتكون الأوزون في الطبيعة بالتفريغ الكربائي وبالبرق، ويتكون صناعياً باستخدام أجهزة خاصة تعمل بجهد كهربائي مرتفع ويمكن لهذا لغاز أن يتكون بالقرب من سطح الأرض ببعض التفاعلات الكيمياوية في وجود اشعة الشمس وبعض أنواع الشوائب الغازية في الجو، والأوزون غاز شديد السمية، فهو يفوق مركبات السيانيد والاستركنين وأول أكسيد الكربون والمعروفة بأنها من أشد المواد والغازات سمية، بيد أن عوادم السيارات في المدن المزدحمة يؤدي إلى زيادة تركيزه.

وللأوزون في الحياة فوائد أخرى منها: فائدة طبيعية تتمثل في قتل البكتيريا والفيروسات والطفيليات، ولذلك تستخدمه بعض الدول في معالجة مياه الشرب ومياه الصرف الصحي، وفي تعقيم بعض المعلبات أو تعقيم المأكولات وفي عمليات

التعقيم للمياه في حمامات السباحة، كما يستخدم كمزيل للألوان في عمليات التبيض وغيره.

وبـذلك يمكـن تصـور أن وجـود الأوزون في الغـلاف الجـوي يقـوم بعملية تنظيف أو تعقيم البيئة بالإضافة إلى حماية الأرض في الطبقات العليا من الأشعة فوق البنفسجية التي تصلنا من الشمس والتي لولاه لزالت الحياة عن معظم الكرة الأرضية، ولأدت إلى أضرار كبيرة للكائنات الحية كافة.

ولـو شئنا أن نتصور مقدار ضآلة وجود غاز الأوزون في الهواء الجوي فوق سطح الأرض حتى ارتفاع 50 كيلومتر، فإذا جمعنا كل الأوزون الموجود في صورة طبقة على سطح الأرض لما تجاوز سمكها 2 – 3 ملليميترات على الأكثر، لكن رغم ضآلة هذا التكوين وندرته في الغلاف الجوي فإنه يجدد نفسه بصفة مستمرة، بمعنى أن صورته غير المستقرة تتعرض لبعض الظروف التي تجعله يتفكك ويندثر.

ولكـن استمرار الأشعة فوق البنفسجية مـن الشـمس يجعـل الأوزون يجـدد نفسه بقدر ما يكون هذا التحليل طبيعياً.

ومثـال ذلـك: فإن مـن حكمة الله أن حدوث البرق نتيجة تفريـغ الشحنات الكهربية التي في السحب يلعب دوراً في تجديد الأوزون.

كما أن التموجات فوق البنفسجية ذات الأطوال (مـن 242 نم) هـي التي تقوم بتفكيك جزئيات الأكسجين العادي (الثنائي الجزئي O_2) حتى تصبح بعض ذراته حـرة (O) وتنطلـق هـذه للتفاعـل مـع ذرات أكسـجين أخـرى لتكـوين الأوزون (كما ذكرنا)، ولا يمكن أن يتم هذا التفاعل إلا بوجود جزئ غاز آخر ليأخذ الطاقة الحركية التي يطلقها التفاعل، وعادة مايكون هذا الغاز (الوسيط) هو النتروجين (أي الأوزت) كما بالمعادلة التالية:

أكسجين ذرى + أكسجين جزئ + نتروجين ⟵ أوزون + نتروجين.
الأشعة
فوق البنفسجية

عامل مساعد $$O + O_2 + N \longrightarrow O_2 + N$$

ويؤدي هذا التفاعل إلى أن يكتسب الغاز الوسيط (مثل النتروجين) طاقة تجعله يتحرك بسرعة أكبر فتزداد حرارته، فيؤدي ذلك إلى تسخين الوسط الذي فيه التفاعل (أي طبقة الاستراتوسفير).

وعلى نفس المنوال يتفاعل الأوزون نفسه بتأثير الأشعة فوق البنفسجية ذات الموجات الطولية بين (200 – 280 سم) وتندمج معظم ذرات الأكسجين المفردة التي تشكلت بهذه الطريقة بجزيئات أكسجين أخرى ليعيد تشكيل الأوزون مجدداً.

ومن الغازات الأخرى التي تلعب دور الوسيط السابق (مثل النتروجين) كل من غازات الهيدروجين والكلور. فإنها مثله تلعب دوراً هاماً في إحداث التوازن الديناميكي لحفظ نسب الغازات وتوزيعها في الغلاف الجوي.

وهناك تفاعلات أخرى تدمر الأوزون بشكل أكثر وضوحاً مثل أكاسيد النتروجين (NO) التي وجدت في الغلاف الجوي فإنها تعمل كوسيط لتحويل الأوزون وذرات الأكسجين إلى جزيئات أكسجين مرة أخرى على النحو التالي:

$$NO + O_3 \longrightarrow NO_2 + O_2$$

$$NO_2 + O \longrightarrow NO + O_2$$

وبذلك يعود أكسيد النتروجين إلى حالته الأصلية في نهاية هذه الدورة بعد أن يقوم بتنقية جزئيات الأوزون.

وبـذلك تكـون النتيجـة الإجماليـة بقـاء الديناميكيـة المسـتمرة لهـذه التفـاعلات تفكيـك وتوليـد تجعـل الأوزون يظـل مسـتمراً في الاحتفـاظ بكمياتـه وتوزيعاتـه في مختلـف طبقـات الغـلاف الجـوي وكلمـا اختـل هـذا التـوازن يتجـدد التفاعل حتى يعود التوازن إلى ما كان عليه.

وتبقى نتائج هذا التفاعل وهو امتصاص مزيد من الأشعة فوق البنفسجية وزيادة حرارة الغلاف الجوي وتبلـغ كمية الأوزون المتكونة طبيعياً سنوياً 100 الف مليـون طـن مـن الأوزون يـتم تصـنيعها في طبقـة الاستراتوسـفير وهـذه الكميـة لـو ضغطت فإن سمكها لا يتعدى ثلاثة مليمترات.

ولكن إذا ما زاد اضمحلال الأوزون عن الحد الطبيعي فإن الأمر يكون له شأن آخر، حيث تنعدم فيه فوائد وجود هذا الغاز في الغلاف الجوي والذي جعله الله رداء كوني يحمينـا من غوائل الإشعاعات التي يمكن أن تنفذ إلى الأرض. بل أن الحياة على سطح كوكب الأرض مدينه في استمرارها إلى وجود هذه الطبقة الرقيقة التي تعمل بمثابة مرشح (فلتر) ليس فقط للإنسان وحده. بل هو يحمي كل صور الحياة الأخرى من نبات وحيوان. بل ويمتد إلى الأحياء البحرية بما في ذلك (البلانكتون) ذات الخلية الواحدة التي تتغذى عليها الأسماك.

فبدراسة تأثير الأشعة فوق البنفسجية على البلانكتون النباتي الموجود في المحيطات والمسئول عن تغذية الكرة الأرضية بـ 70٪ من الأكسجين اللازم للحياة اتضح أنه بزيادة الأشعة فوق البنفسجية بمقدار 25٪ يؤدي ذلك إلى نقص إنتاج هذه النباتات بنسبة 35٪.

وبدراسة تأثير الأشعة البنفسجية على أكثر من 200 نوع من النباتات أتضح أن 70٪ منها حساسة للأشعة فوق البنفسجية حيث تتأثر عملية التمثيل الكلورفيلى وكذلك تتأثر عملية امتصاص الماء والأملاح وتقل مساحة الأوراق ويقل إنتاج النبات وبالنسبة للإنسان فإن نقص الأوزون يؤدي إلى تأثير الأشعة فوق البنفسجية على الإبصار والتهابات العين والإصابة بالمياه البيضاء (الكتاركتا)

حيث ثبت أن تآكل وضعف طبقة الأوزون بنسبة 1٪ يؤدي إلى زيادة الإصابة بالكتاركتا لـ 100 الف حالة على مستوى العالم سنوياً، كما تؤثر الأشعة على الجهاز المناعي للجسم وكذلك على جلد الإنسان وإلى زيادة نسبة سرطان الجلد بحوالي 1.6٪ ولقد أوضح تقرير الهيئة التابعة لوكالة الفضاء الأمريكية افه فيما بين 30 – 64 درجة (جنوب خطوط العرض حيث يعيش غالبية سكان العالم بلغت نسبة تناقص الأوزون من 1.7 ٪ إلى 3٪ خلال الفترة من عام 1969م حتى 1986م، وتبلغ مساحة الثقب حوالي 10٪ من نصف الكرة الأرضية الجنوبي، كما اكتشفت الأقمار الصناعية وجود ثقبي أوزون مساحتها أكبر من مساحة الأمريكيتين يهددان البشرية بنفاذ الأشعة فوق البنفسجية المدمرة للحياة على الأرض.

ومن هذا يتضح أنه قد ثبت علمياً تآكل درع الأوزون الذي يحمي الكرة الأرضية من الأشعة فوق البنفسجية. وقد يسبب هذا التآكل في نفاذ من 5 – 20٪ من الأشعة فوق البنفسجية خلال الأربعين سنة القادمة وهو ما يهدد الحياة على الأرض.

فجوة الأوزون:

بعد أن كثرت أعداد الطائرات الأسرع من الصوت عسكرية ومدنية لعدة دول بطائراتها المشتركة الصنع المسماة (الكونكورد) وبرز إلى جانب ذلك تعمد أغلب الطائرات في رحلاتها عبر كل القارات إلى الطيران على ارتفاعات عالية في طبقة الاستراتوسفير، ومن ثم أصبحت طبقة الاستراتوسفير التي يتوزع فيها (الأوزون) تتلقى كل يوم. بل كل ساعة فيضان من عادم هذه الطائرات.

ولاشك أنه إلى جانب ارتفاع درجة حرارة غازات هذه العوادم، فإنها تحوي عناصر وسيطة تفكك غاز الأوزون كما ذكرنا سابقاً.

إن سلوك الأوزون في طبقة التروبوسفير يختلف عنه في طبقة الاستراتوسفير، فالتلوث الصادر من النشاط البشري على الأرض يجعل الأوزون يتزايد في طبقة التروبوسفير الملاصقة لسطح الأرض، أما في طبقة الاستراتوسفير فإنه يتناقص نتيجة للتفاعل الكيماوي بفعل الأشعة فوق البنفسجية.

ولقد تمخضت جهود بعثة من العلماء عن التأكد من أن الفجوة (فجوة الأوزون) المتمركزة فوق القطب الجنوبي تتكون في فترة الربيع القطبي (أي خلال شهري سبتمبر واكتوبر) وامكنهم قياس اتساعاتها بالطائرات في اكتوبر 1987 وقدرت مساحتها بما يعادل مساحة الولايات المتحدة الأمريكية، ويبلغ عمقها قدر ارتفاع جبل ايفرست، وأن الفجوة يتخلل فيه الأوزون وينقص بنسبة 40 – 50 ٪، وكان من حسن الحظ أن منطقة القطب الجنوبي غير مأهولة بالسكان. لكن بعد القياسات المتكررة حتى عام 1987 ظهر أن التخلخل من الأوزون أكثر بكثير مما كان متصوراً من قبل، وأن أطراف المنطقة المتخلخلة وصلت إلى مناطق مأهولة حيث امتدت إلى جنوب الأرجنتين واستراليا وإلى نيوزلندا.

وهكذا أصبح الخطر مباشراً وداهماً إلى الحد الذي جعل العلماء العاملين في هذه البعثة يعمدون إلى استخدام ملابس خاصة لتقيهم مضار هذه الأشعة فوق البنفسجية.

وفي عام 1988 رصد العلماء وجود فجوة أخرى للأوزون فوق القطب الشمالي تتمركز في سماء النرويج وتقدر نسبة تضاءل الأوزون فيه بمقدار 20٪ ووجود زيادة كبيرة في نسبة مركبات الكلور تعادل 50 ضعفاً عن القدر المتوقع.

أسباب فجوة الأوزون:

فهي موزعة على عدة نشاطات بشرية بعضها مدنية واسعة الانتشار في الدول المتقدمة والنامية على السواء ولكن تتفاوت في الكثافة، وبعض النشاطات

الأخرى عسكرية تقوم بها الدول المتقدمة في السماء أو الفضاء.. وأهم تلك الأسباب هي:

- المرذوذات الضارة (البخاخات او الايروسولات).
- الطيران النفاث.
- إطلاق الصواريخ في الفضاء.
- التفجيرات النووية.

إلا أنه تعزز بين العلماء الرأي القائل بأن التلوث الصناعي للجو الناجم عن أكاسيد النيتروجين والمركبات المعروفة باسم كلورفلوروكربون (CF_2CL_2 و$CFCL_3$) تلعب دوراً أساسياً في ذلك.

حيث تتفاعل أكاسيد النيتروجين التي تنطلق مع عوادم الطائرات فوق الصوتية، التي تطير على ارتفاعات تفوق الـ 10 كم فوق سطح الأرض، مع الأوزون وتحوله إلى أكسجين على النحو التالي.

$$NO + O_3 \longrightarrow NO_2 + O_2$$

$$NO_2 + O \longrightarrow NO + O_2$$

وهكذا نجد أن وجود أكاسيد النيتروجين ولو بكميات قليلة تحول الأوزون إلى أكسجين دون أن تُستنفذ، اي أن أول أكسيد النيتروجين يلعب دور الوسيط في تحويل الأوزون إلى أكسجين.

ويقدر الإنتاج السنوي من مركبات كلوروفلوروكربون بحوالي مليون طن. تستعمل هذه المواد بصورة أساسية:

- كوسيلة للتبريد (وفي البرادات المنزلية على سبيل المثال).
- ومادة رغوية في مختلف أنواع الإسفنج الصناعي.

- وكـذلـك كـغـازات دافعـة في زجـاجـات الـرذاذ Spray.

وفي كـثير مـن الأجهـزة والمعـدات والتجهيـزات الـتي تـوفر الرفاهيـة وسـهولة الحياة للبشر وكانت بمثابة السم القاتل في العسل اللذيذ.

ويحـدث تـأثير مـركبـات الكلوروفلوركـربـون بـأن تصعد جزيئاتهـا إلى طبقـة الستراتوسفيرا ذلك أن هذه المركبات على قدر كبير من الاستقرار لذلك تبقى في الهواء مدة طويلة.

وتخـل جزيئـات الكلوروفلوروكـربـون تحـت تـأثير الأشـعة فـوق البنفسـجية وينشأ من ذلك ذرات حرة من الكلور النشط التي تتحد مع الأوزون معطيـة أكسيد الكلور الأحادي (clo) ومعيدة الأوزون إلى الأكسجين العادي.

ويتفكك أكسيد الكلور الأحـادي بسـهولة وبفعـل ذرات الأكسـجين الحـرة الموجـودة في الجـو، فتعـود ذرة الكلـور لتظهـر مـن جديـد جـاهزة للتفاعـل، وعلـى هـذا النحو يمكن لذرة كلور واحدة أن تحطم ما يقرب من 100 الف جزئ من الأوزون.

وتتم هذه التفاعلات حسب المعادلات التالية:

$$CF2\ CL2 + hv \longrightarrow CF2\ CL + CL$$

$$CF\ CL3 + hv \longrightarrow CFCL2 + CL$$

يتحد الكلور النشط مع الأوزون ويحوله إلى أكسجين

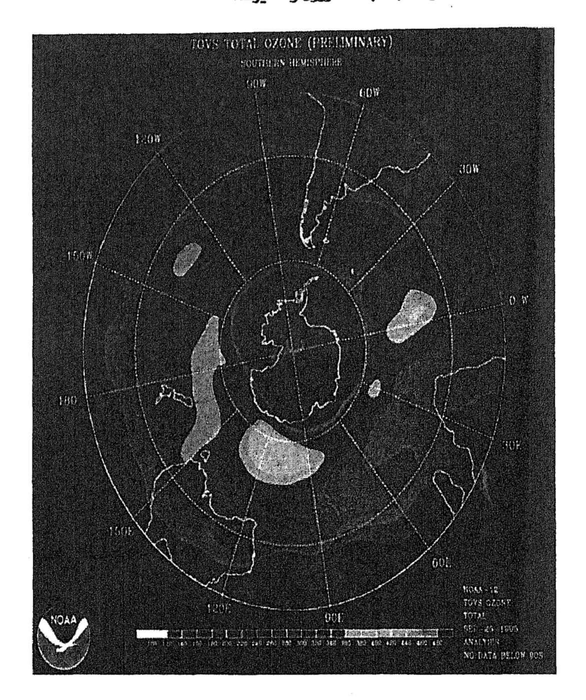
$$CL + O3 \longrightarrow CLO + O2$$

يتفكك أكسيد الكلور الأحادي بفعل ذرات الأكسجين الحرة الموجودة في الجو

$$CLO + O \longrightarrow CL + O2$$

وبذلك تعود ذرة الكلور من جديد جاهزة للتفاعل.

الأضرار الناشئة عن ثقب طبقة الأوزون وتدميرها:



ينتج عن ثقب طبقة الأوزون أو تدميرها الكثير من الأضرار للحياة على الأرض ومن أهم هذه الأضرار:

- انتشار سرطان الجلد.
- التأثير الوراثي (حدوث تلف في الحمض النووي (D.N.A).

- حدوث المياه البيضاء (الكتاركت) في العيون.
- حدوث أمراض متعددة بالجهاز التنفسي والأزمات الصدرية والنزلات الشعبية.
- حدوث أمراض أخرى: مثل ضعف الجهاز المناعي في الجسم لمقاومة انتشار الأورام السرطانية وأمراض القلب والسرطان وأمراض جلدية أخرى وغيرها.
- نقص المحاصيل الزراعية.
- إصابة الثروة الحيوانية بالأمراض.
- تأثير الأشعة فوق البنفسجية على الثروة السمكية.
- أضرار اقتصادية.
- تغير المناخ على كوكب الأرض.

الامطار الحمضية:

تتفاعل اكاسيد الكبريت والنتروجين المنبعثه من مصادر مختلفه مع بخار الماء في الجو لتتحول الى احماض ومركبات حمضيه ذائبه تبقى معلقه في الهواء حتى تتساقط مع مياه الامطار مكونه ما يعرف بالامطار الحمضيه.

وفي بعض المناطق التي لا تسقط فيها الامطار تلتصق هذه المركبات الحمضيه على سطح الاتربه العالقه في الهواء وتتساقط معها فيما يعرف بالترسيب الحمضي الجاف.

وأحيانا يطلق تعبير "الترسيب الحمضي" على كل من الامطار الحمضية وعلى الترسيب الجاف.

ونظرا لأن ملوثات الهواء قد تنتقل بفعل الرياح الى مسافات بعيدة وقد تعبر الحدود الوطنية الى دول اخرى.

اصبحت ظاهرة الامطار الحمضية ظاهرة بيئية اقليمية ودولية خاصة في اوروبا وشمال امريكا وقد ثبت من رصد كيمياء الامطار في مناطق واسعة من امريكا الشمالية وأوروبا ان حمضيتها تصل الى حوالي 10 اضعاف المستوى العادي.

ولا تعتبر الأمطار الحمضية مشكله في مناطق اخرى في العالم في الوقت الحالي بيد ان هناك دلائل على ان مناطق استوائيه معينه مثل جنوب شرقي البرازيل وجنوبي الصين وجنوب غربي الهند وزامبيا قد تواجه في المستقبل مشاكل تتعلق بالامطار الحمضية اذا ما استمرت الاتجاهات الحاليه للتحضر والتصنيع حتى القرن الحادي والعشرين.

وبالرغم من ان الامطار الحمضيه ليست مشكله في مصر او في الدول العربيه (لندرة الامطار) الا ان الترسيب الحمضي الجاف يكون مشكله آخذه في الازدياد بزيادة تركيزات اكاسيد الكبريت والنيتروجين في الهواء.

كما ان الضباب الحممضي الذي يتكون في الصباح الباكر في بعض دول الخليج العربي اصبح يشكل ظاهره ملموسه.

والتفاعلات التي تحدث في الهواء لتكوين الامطار الحمضيه غير مفهومه بالكامل.

وبعض هذه التفاعلات لا تقتصر فقط على اكاسيد الكبريت والنيتروجين وانما تحدث ايضا عملية غسيل للملوثات اخرى مختلفه في مياه الامطار (وجدت في مياه الامطار في بعض المناطق في امريكا تركيزات مرتفعه من المبيدات والمركبات السلفونيه والفلزات الثقيله).

من ناحيه اخرى وجد في مناطق كثيره خاصه تلك المتاخمه للمناطق الصناعيه ان الضباب (اوشبوره الصباح) لها خواص حمضيه واضحه نتيجه تكوين رذاذ من المركبات الحمضيه فيه.

ولهذه الامطار الحمضيه (او الترسيب الحمضي) آثار سيئة. فلقد تأثرت البحيرات في اجزاء من المنطقه الاسكندنافيه وشمال شرقي الولايات المتحده وجنوب شرقي كندا بالإمطار الحمضية بدرجات متفاوته وفقدت بحيرات كثيره (ولا سيما في السويد والنرويج) مواردها السمكيه، اما جزئيا او كليا. كما تسببت الامطار الحمضيه في اذابة بعض الفلزات والمركبات من رواسب البحيرات مما ادى الى ارتفاع نسبتها في المياه واضرارها بنوعية المياه والاحياء المائيه. وقد ادت الامطار الحمضيه وملوثات الهواء الاخرى الى تدهور حالة الغابات خاصه في اوروبا وقدرت المساحه التي اصابتها الاضرار بحوالي 50 مليون هكتار من اجمال مساحة الغابات، التي قدرت بحوالي 141 مليون هكتار.

وتمتد الآثارالضاره للامطار الحمضيه الى المدن، ويمكن مشاهدة هذه الآثار في كثير من العواصم الاوروبيه. ففي لندن يلاحظ تفتت بعض احجار برج لندن، وكنيسة "وستمنستر ابي" كما يشاهد ذلك بشكل اوضح في كنيسة "سانت بول" فقد بلغ عمق التآكل في بعض احجارها الجيريه بضعة سنتمترات نتيجة التفاعل بين هذه الاحجار وغاز ثاني اكسيد الكبريت والامطار الحمضيه التي تسقط على المدن من حين لاخر.

كذلك اثرت اكاسيد الكبريت في صوره امطار حمضيه او ترسيب جاف على الاكروبوليس في اليونان والكولوسيم في ايطاليا وتاج محل في الهند وابو الهول في مصر ولحقت بسطوحها اضرار متزايده خلال العقود القليله الماضيه بسبب تلوث الهواء — بعد ان صمدت الاف السنين لعوامل التعريه الطبيعيه.

وقد فكرت بعض الدول في الستينات وبداية السبعينات في التخلص من مشكلات التلوث باكاسيد الكبريت والامطار الحممضيه بزيادة ارتفاع مداخن المصانع ومحطات توليد الكهرباء بحيث يمكن اطلاق غازاتها على ارتفاع كبير فوق السحب.

وقد طبقت هذه الاستراتيجيه في كندا والولايات المتحده وانجلترا وبعض الدول الاوروبيه الاخرى ولكن هذه الاستراتيجيه لم تنجح في خفض كميات الامطار الحمضيه وكل ما فعلته هذه المداخن العاليه انها دفعت بالغازات الحمضيه الى منطق اعلى في الجو، وبالتالي ادت الى سقوط الامطار الحمضيه فوق مناطق اكثر بعدا من ذي قبل، ولقد ادى هذا الى النزاع الذي نشا – خاصه بين دول شمال غربي اوروبا وانجلترا – فيما عرف بنزاع المداخن العاليه في بداية السبعينات.

فلقد وجد ان اكثر من 70٪ من ا كاسيد الكبريت التي ترسبت في صورة امطار حمضيه على السويد والنرويج والدنمرك كان مصدرها المداخن العاليه في انجلترا والمانيا وغيرها.

ولهذا السبب نجد ان الدول الاسكندنافيه هي الدول التي تزعمت وضع مشكلة الامطار الحمضيه على جدول اعمال مؤتمر استوكهولم عام 1972، وهي الدول الدافعه لبرامج التعاون للحد من الامطار الحمضيه.

ولقد اثمرت هذه الجهود عن توقيع الاتفاقيه الاوروبيه بشان تلوث الهواء طويل المدى العابر للحدود في عام 1979 وفي عام 1987 بدا تنفيذ بروتوكول اتفاقية التحكم في انبعاثات اكاسيد الكبريت حيث قضى بخفض معدلات انبعاث ثاني اكسيد الكبريت بحوالي 30٪ على الاقل عن مستويات عام 1980 بحلول عام 1993، وفي عام 1988 وقع بروتوكول التحكم في انبعاثات اكاسيد النيتروجين.

ولقد تبنت بعض البلدان الاوروبيه التزامات ابعد مما يدعو اليه البروتوكولان. فقد تعهدت 9 بلدان على الاقل بتخفيض مستويات ثاني اكسيد الكبريت الى اقل من نصف مستويات عام1980 بحلول عام 1995.

كما التزمت النمسا والسويد والمانيا بخفض مستويات انبعاث ثاني اكسيد الكبريت بمعدل الثلثين. وفيما يتعلق باكسيد النيتروجين فان 12 من

بلدان اوروبا الغربيه وافقت على المضي ابعد من تجميد الانبعاثات وخفضها بمعدل 30٪ بحلول عام 1998.

ولقد ادت هذه الالتزامات الى خفض ملحوظ في معدلات اكاسيد الكبريت كما ذكرنا من قبل.

آثار تآكل طبقة الاوزون على البيئة:

يؤدي انخفاض 1٪ في طبقة الاوزون الى زيادة الاشعة فوق البنفسجية – ب التي تصل الى سطح الارض بنسبة 2٪.

وقد اثبتت الدراسات ان التعرض لمزيد من الاشعة فوق البنفسجيه يؤدي الى إحداث خلل في جهاز المناعة في جسم الانسان مما يزيد من حدوث واشتداد الاصابة بالامراض المعدية المختلفة كما يمكن ان تؤدي الزيادة في مستويات الاشعة فوق البنفسجية الى زيادة الأضرار التي تلحق بالعيون ولا سيما الاصابة بالمياه البيضاء.

وقد يؤدي هذا الى زيادة عدد الاشخاص المصابين بالعمى بنحو 100000 شخص في السنة على مستوى العالم. وبالاضافة الى ذلك يتوقع ان يؤدي كل انخفاض بنسبة 1٪ في الاوزون الى ارتفاع في حالات الاصابة بسرطان الجلد يقدر بحوالي 3٪ (اي زياده تقدر ب 50000 حاله كل عام على مستوى العالم).

من جهه اخرى اثبتت التجارب المعمليه ان الزياده في مستويات الاشعه فوق البنفسجيه لها تأثيرات ضاره على عدد كبير من النباتات ومن بينها بعض المحاصيل مثل الخضراوات وفول الصويا والقطن. وقد ينطوي هذا على آثار خطيره لانتاج الاغذيه في المناطق التي تعاني بالفعل نقصا في مواردها الغذائيه.

- **الاجراء الوقائي:**

في ضوء هـذه المعلومـات عـن احتمـال حـدوث تآكـل في طبقـة الاوزون اتخـذ المجتمع الدولي إجراءا وقائيا بوضع اتفاقية فيينا لحماية طبقة الاوزون عام 1985.

الـتي تـنص علـى تبـادل المعلومـات والبحـوث ونتـائج الرصـد لحمايـة صـحة الانسان والبيئه مـن الآثـار السلبيه الـتي قـد تنـتج عـن تآكـل طبقـة الاوزون. وفي عـام 1987 تم التوقيـع علـى بروتوكـول مونتريـال الـذي وضـع جـدولا زمنيا للخفـض مـن إنتـاج واستهلاك مـركبات الكلوروفلوروكـربون والهالـون الـتي تحفـز مـن تآكـل طبقـة الاوزون.

وفي عـام 1990 تم تعـديل بروتوكـول مونتريـال لمنـع انتـاج واسـتهلاك هـذه المركبات بحلول عام 2000 ووضع جدول زمني لمنع انتاج واستهلاك مـركبات اخـرى مثـل رابـع كلوريـد الكربـون. كمـا ادرجـت جيمـع البـدائل المؤقتـه لمركبـات الكلوروفلوروكـربون في قائمـة منفصله بحيث يمنـع اسـتخدامها خـلال الفتره مـن عـام 2020 الى عام 2040 وفي نهاية عام 1992 اتفقت الـدول علـى الاسـراع في منـع انتـاج واستخدام جميع هذه المركبات قبل عام 2000.

ولكـن في عـام 1993 اعـدت بعـض الـدول الاوروبيـه قائمـة بإسـتخدامات ضـروريه تـرى انـه لا يمكـن الاسـتغناء فيهـا عـن بعـض مـركبات الكلوروفلوروكـربون (مثل بعض الرذاذات لعلاج حالات الربو) او عن الهالونات (بعض اجهزة الاطفاء على الطائرات او في القطارات).

تطالـب هـذه الطـول بإسـتثناء هـذه الاسـتخدامات مـن المنـع الـذي نـص عليـه بروتوكـول مونتريـال. ولكـن في الاجتمـاع الاخـير لـدول بروتوكـول مونتريـال الـذي عقد في اكتوبر تمت الموافقه على ثلاثة إستثناءات فقط:

الاســتخدام في رذاذ ادويــة الربــو، معــايره بعــض الاجهــزه، وعمليــات تنظيــف اجهزة مركبات الفضاء.

احتمالات تغير المناخ:

لا تصـل اشـعة الشـمس الـتي تسـقط علـى الغـلاف الجـوي كلـها الى سـطح الارض اذ ينعكس حوال 25٪ من هذه الاشعه الى الفضاء ويمتص حوالي 23٪ اخرى في الغلاف الجوي نفسه.

وهـذا معنـاه ان 52٪ فقـط مـن اشـعة الشـمس تخترق الغـلاف الجـوي لتصـل الى سطح الارض.

ومــن هــذه النســبة الاخــيره نجــد ان 6٪ يــنعكس عائــدا الى الفضــاء بينمــا يمــتص البــاقي (46٪) في ســطح الارض وميــاه البحــار ليــدفنها وتشــع هــذه الاســطح الدافئـه بـدورها الطاقـه الحراريـه الـتي أكسـبتها علـى شـكل أشـعه تحـت حمـراء ذات موجات طويلة.

ونظارا لأن الهواء يحتوي على بعض الغازات تركيـزات شـحيحة (مثـل ثـاني اكسيد الكربـون والميثـان وبخـار الماء) مـن خواصـها عـدم السـماح بنفـاذ الاشـعه تحـت الحمراء فإن هـذا يـؤدي الى احتبـاس هـذه الاشـعه داخـل الغـلاف الجـوي وتعـرف هـذه الظاهره بإسم "الاحتباس الحراري" او الاثـر الصـوبي ولـولاه لانخفضـت درجـة حـرارة سـطح الارض بمقـدار 33 درجـه مئويــه عـن مسـتواها الحــالي – اي هبطـت الى دون تجمد المياه – ولأصبحت الحياة على سطح الارض مستحيله ويعد غاز ثاني اكسيد الكربون هو غاز الاحتباس الحراري الرئيسي.

وتتوقــف تركيزاتــه في الهــواء علــى الكميــات المنبعثــة مــن نشــاطات الانســان خاصــة مـن احـتراق الوقـود الحفـري (الفحـم والـبترول والغـاز الطبيعـي) ومـن ازالـة النباتات خاصة الغابات الاستوائية التي تعتبر مخزنا هائلا للكربون.

كما تتوقف تركيزات ثاني اكسيد الكربون في الهواء على معدلات ازالته وامتصاصه في البحار وفي الغطاء النباتي على سطح الارض فيما يعرف بالدوره الجيوكيميائيه للكربون – والتي تحدث توازنا في تركيزات الكربون في الهواء.

ولقد اوضحت الدراسات المختلفه ان هذا التوازن قد اختل نتيجة لنشاط الانسان المتزايد. ففي عصر ما قبل الصناعة (عام 1750 – 1800) كان تركيز غاز ثاني اكسيد الكربون في الهواء حوالي 280 جزءا في المليون حجما.

اما الان فيقدر هذا الركيز بحوالي 353 جزءا في المليون، اي ارتفع بحوالي 25٪. وتتزايد تركيزاته بمعدل يقدر بحوالي 0.5٪ سنويا.

وبالاضافه الى غاز ثاني اكسيد الكربون وجد ان هناك عددا من الغازات الاخرى لها خصائص الاحتباس الحراري واهم هذه الغازات هي الميثان الذي يتكون من تفاعلات ميكروبيه في حقول الارز وتربية الحيوانات المجتره ومن حرق الكتله الحيويه (الاشجار والنباتات ومخلفات الحيوانات).

وبالاضافه الى الميثان هناك غاز اكسيد النيتروز (يتكون ايضا من تفاعلات ميكروبيه تحدث في المياه والتربه) ومجموعة غازات الكلوروفلوروكربون (التي تتسبب في تآكل طبقة الاوزون وسبق الاشاره اليها عاليه) واخيرا غاز الاوزون الذي يتكون في طبقات الجو السفلى.

وحيث انه من المتعذر اجراء دراسه مباشره للتأثير الناجم عن تراكم غازات الاحتباس الحراري في الغلاف الجوي فقد وضعت خلال العقدين الماضيين طائفه من النماذج الرياضيه للتنبؤ بما قد يحدث. ولقد اوضحت النماذج الحديثه انه لو تضاعفت تركيزات غاز ثاني اكسيد الكربون في الغلاف الجوي عن معدلها في عصر ما قبل الصناعه فإن هذا سيؤدي الى رفع درجة الحراره على سطح الارض بمتوسط يتراوح بين 15– 45 درجه مئويه خلال المائة عام القادمه. وبينت دراسة فريق الخبراء الحكومي الدولي عام 1990 انه اذا استمر انبعاث غازات الاحتباس الحراري

بمعـدالتها الحاليـه فمـن المحتمـل ان ترتفـع درجـة حـرارة العـالم مـن 2– 5 درجـات مئويه في عضون القرن المقبل (الاحتمال الاكبر هو 3 درجات مئويه).

وقـد اثـار عـدد متزايـد مـن العلمـاء الشـك في صـلاحية النمـاذج الـتي استخدمت لتقديرها ارتفاعات درجات الحراره، حيث ان معظمها قد تجاهل الاثار المترتبه على وجود بخار الماء والغبار واكاسيد الكبريت في الهواء، فكل منها له اثره على رفع او خفضّ درجات الحراره.

فمـثلا في اعقـاب ثـورة بركـان بينـاتوبو في الفلـبين عـام 1991 تكـون حـول الارض حزام عريض من الغبار الناعم ورذاذ حامض الكبريتيك وغطى هذا الحزام نحو 40٪ من سطح الارض.

وقـدرت الدراسـات العمليـه انـه نتيجـة لـذلك سـوف تـنخفض درجـة حـرارة الجو بمعدل 0.5 درجـه مئويـه لمدة تـتراوح مـن عـامين الى خمسـة اعـوام والواقـع ان درجات الحـراره سجلت انخفاضـا بمثل هذا المعدل منذ عام 1992. وبالاضافه الى ذلـك ذكـر بعـض العلمـاء ان النمـاذج الـتي اسـتخدمت حتـى الان تجاهلـت بعـض الظواهر الطبيعيه.

فمثلا هنـاك تغيرات في الحـراره ومعـدلات سـقوط الامطـار تحـدث في بعـض المناطق نتيجة للتغيرات في نشاط الشمس خلال دورة الشمس التي تستمر عاده ما يقرب من 11 عاما.

وفي دراسـة حديثـه قـدمت للمـؤتمر العربـي للطاقـه الـذي عقـد عـام 1994 ذكر ممثل المجموعه الاوروبيه ان التوقعات هي ان ترتفع درجة حرارة الجو بحوالي 1.5 درجه مئويه فقـط ولـيس 3 درجـات كمـا بينـت دراسـة فريـق الخـبراء الحكومي التي سبق الاشاره اليها.

ولقـد كشـفت دراسـة جديـده اجريـت في جامعـة كولـورادو الامريكيـه ان تركيـزات اول اكسـيد الكربـون والميثـان واكسـيد النـيتروز قـد انخفضـت منـذ عـام 1992 (وهـي غـازات احتبـاس حـراري). امـا ثـاني اكسـيد الكربـون فقـد اسـتقرت تركيزاته عند مستوى عام 1992.

التحكم بتلوث الهواء:

إن العمليات المستخدمة لإزالة ملوثات الهواء والتحكم بها متعددة وكثيرة، ونعرض هنا لأكثرها شيوعا بشئ من التفصيل.

1) **التحكم بالدقائق Particulates**

سبق أن أشرنا إلى أن الدقائق هي أحد الملوثات الرئيسية في الهواء، وهي عبارة عن جسيمات دقيقة عالقة بالهواء، تشمل الأتربة وجسيمات في الدخان، والرذاذ والندي.

ويمكن استخدام الأجهزة التالية للتحكم بالدقائق العالقة في الهواء الملوث:

أ. **مرشحات الهواء Air Filters:**

وهي أجهزة إزالة التركيزات القليلة من الأتربة العالقة بالهواء الملوث، أو الهواء الذي يتحرك داخل مبني. وينبغي أن تكون سرعة الهواء الملوث منخفضة عبر المرشح حتى يتسني ترسيب معظم الجسيمات العالقة.

ب. **السيكلون Cylcone:**

جهاز يستخدم صناعيا لإزالة الجسيمات العالقة بالهواء أو الغازات ويقوم بتنظيف الهواء من الجسيمات الصلبة ويعتمد تشغيله على قوي الطرد المركزية.

وهو يستخدم لإزالة أنواع الدقائق كافة ، الصغيرة للغاية والمتوسطة والكبيرة.

ويتكون السيلكون من وعاء مخروطى يضخ فيه الهواء الملوث من أعلي، حيث ترسب الدقائق وتستقر في القاع ويعود الهواء للخروج من فتحة أخري في أعلي الجهاز.

ج. المرسب الديناميكي Dynamic Precipitator:

يضخ الهواء الملوث إلى المرسب الديناميكي الذي يحركه بحركة دورانية بواسطة قلاب على هيئة ريش. وتسبب هذه القوة سحب الهواء المحمل بالدقائق بسرعة كبيرة، ودورانه بزاوية 90[AGC1]، مما يجعل المواد العالقة تترسب.

د. مجمعات العوالق المبللة Wet Collectors:

يضخ الهواء الملوث من أسفل برج ويدخل الماء من فتحات ضيقة على شكل رذاذ من أعلي. ويقوم رذاذ الماء بتصيد الدقائق العالقة في الهواء الملوث بحيث تزال تدريجيا.

ه. المرسب الألكتروستاتيكي Electrostatic Precipitator:

يضخ الهواء الملوث إلى جهاز مشحون بقوة كهربائية كبيرة جدا، وتعمل على شحن الدقائق، فيقوم قطب باجتذاب الدقائق المشحونة اليه، فيتخلص منها الهواء.

2) التحكم بثاني أكسيد الكبريت:

يتم التحكم بثاني أكسيد الكبريت الملوث للهواء والناتج من حرق الوقود، بعدة طرق، أهمها:

◆ الحقن بالحجر الجيري:

يضخ الهواء الملوث بثاني أكسيد الكبريت إلى فرن يتم فيه تحويل الحجر الجيري إلى جير حي ويتفاعل الجير الحي مع ثاني أكسيد الكبريت مكونا كبريتات وكبريتيت الكالسيوم. يوجه الهواء المحمل بالدقائق وغيرها إلى برج غسيل حيث يتم غسله بالماء وتخليصه من هذه الملوثات ليصبح هواء نظيفا يطلق من المدخنة.

3) التحكم بأكاسيد النيتروجين:

أ. الأختزال باستخدام الغاز الطبيعي:

يضخ الهواء الملوث بأكاسيد النيتروجين مع الغاز الطبيعي الى جهاز تفاعل يحوي عامل حفاز مثل البلاتين. يشعل الخليط ويقوم الغاز الطبيعي باختزال أكاسيد النيتروجين وتحوليها إلى نيتروجين وبخار ماء.

وهذه النواتج يمكن إطلاقها في الهواء الجوي بلا خوف.

ب. استخدام هيدروكسيد الماغنسيوم في أبراج الغسيل:

يضخ الهواء الملوث بأكاسيد النيتروجين والكبريت إلى برج غسيل حيث يدخل من أعلي البرج محلول لهيدروكسيد الماغنسيوم، ويخرج الهواء النظيف من أعلي البرج.

ويسحب المحلول إلى جهاز ترسيب حيث يرسب كبرتيت الماغنسيوم ويحول إلى حمض كبريتيك أما نيتريت الماغنسيوم الذي تكون من تفاعل أكاسيد النيتروجين مع هيدروكسيد الماغنسيوم فيمكن تحويله الى حمض النيتريك الذي يعادل بواسطة الأمونيا لإنتاج نترات الأمونيوم التي يمكن بيعها.

4) التحكم بأول أكسيد الكربون:

يضخ الهواء الملوث بأول أكسيد الكربون الى مفاعل حيث يزود بالأكسجين اللازم لأكسدة أول أكسيد الكربون بشكل تام الى ثاني أكسيد الكربون.

5) التحكم بعوادم المركبات:

تعتبر عوادم المركبات من مصادر تلوث الهواء الرئيسية. فحوالي 45٪ من الغازات الحارة الناتجة عن محركات الديزل، تنبعث من العوادم، بينما تصل هذه النسبة الى 60٪ في المركبات التي تعمل بالبنزين.

ولا شك أن التحكم بهذه العوادم والإفادة منها، يحقق العديد من الميزات:

1. يرفع من الكفاءة الكلية للمركبة.
2. يقلل من كمية الغازات المنبعثة والملوثة للهواء.
3. يقلل من استهلاك الوقود.
4. يزيد الطاقة الحركية للمركبة.

استخدام محول حفاز للتحكم بعوادم المركبات:

يقوم العامل الحفاز بعمليات أكسدة وإختزال متتابعة، فيزود بالأكسجين كلا من الهيدروجين وأول أكسيد الكربون والهيدروكربونات في منطقة التركيزات العالية.

وتجري عملية الإختزال في منطقة التركيزات المنخفضة، فتساعد على التخلص من أول أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين والهيدروكربونات.

يتم تركيب المحول الحفاز مع صمام أمان في نهاية انبوب العادم، بحيث تخلط غازات العادم مع الهواء وتدخل الى المحول الحفاز لإحداث التحول الكيميائي المنشود.

- تأثير تلوث الهواء في البيئة:

إن ارتفاع حدة تلوث الهواء له آثار خطيرة على الأنسان والحيوان والنبات ويسبب خسائر كبيرة وخاصة في الدول الصناعية والمدن الكبرى، فعلى سبيل المثال تم تقدير الخسائر التي يسببها الهواء في الولايات المتحدة الامريكية بنحو 11 مليار دولار سنويا.

- تأثير تلوث الهواء في الحيوان:

تؤثر ملوثات الجو في الحيوان بشكل مباشر وذلك عن طريق تناول نبات ترسب عليها ملوثات جوية. ومثال ذلك تأثر الأبقار والأغنام بمركبات الفلور التي تسبب تأكل الأسنان.

وينتشر مثل هذا التلوث بمركبات الفلور بالقرب من مصانع الألمنيوم ومناطق تعدينية، والأسمدة الكيماوية والحديد الصلب والسيراميك وغيرها، وقد تناقص عدد الأبقار فب ولاية فلوريدا الأمريكية بنحو 20 الف راس في مدى 15 سنة بسبب فلوريد الهيدروجين.

كما سبب خسائر كبيرة في وسط وجنوب فرنسا في الماشية في المناطق المجاورة لمصانع الألمنيوم.

- أثر تلوث الهواء في النبات:

من أهم الملوثات ضررا للنباتات غاز الاوزون، وثاني أوكسيد الكبريت، والغازات المؤكسدة والفلوريدات وغيرها.

حيث تؤدي إلى نقص في إنتاج المحاصيل الزراعية، وموت الغابات وعرقلة عملية التمثيل الضوئي، كما أن الرسوبات الحامضية يمكننا غسل المغذيات الحيوية للنباتات مثل الكالسيوم، والمغنزيوم والبوتاسيوم من التربة وقتل الكائنات العضوية الدقيقة في التربة.

وتؤثر الملوثات الجوية في الغابات وتؤدي إلى موت الأشجار.

- أثر الهواء في المناخ:

إن زيادة الغازات ذات المصدر البشري والغبار في الهواء أدت إلى زيادة تركيز بعض الغازات بشكل واضح وأهم هذه الغازات غاز ثاني أوكسيد الكربون، وأول أوكسيد الكربون، وأكاسيد الكبريت والنتروجين، والرصاص وغيرها.

وهذا يؤثر في أحوال الطقس والمناخ وارتفاع درجة حرارة الأرض ومن ثم ذوبان الجليد في القطبين وارتفاع مستوى مياه البحار وغرق المناطق الساحلية.

- أثر الهواء في الأبنيه والمعادن:

تؤثر الملوثات الجوية في المعادن والأبنية وتؤدي إلى تأكلها واتساخها وتغير في لونها فتنظف الأبنية والاماكن الأثرية والتماثيل في الساحات وغيرها يحتاج إلى تكاليف مادية كبيرة، كما أن تآكل المعادن يؤدي إلى إضعافها.

كما تلحق الأضرار بالمنتجات الجلدية والمطاطية والورق والصباغة والألبسة بسبب الملوثات الجوية.

اضرار تلوث الهواء على طبقة الأوزون:-

الأوزون Ozone غاز سام وشفاف يمل إلى الزرقة ويتكون الجزئ منه من ثلاث ذرات أوكسجين. ويتواجد الأوزون في طبقتي الجو السفلي التربوسفير Troposphere وطبقة الجو العليا الأستراتوسفير Stratosphere.

يتكون الأوزون في طبقات الجو السفلى من الملوثات المنبعثة من وسائل النقل أو بعض المركبات التي تحوي الهيدروكربونات (الفريون – الذي يدخل في الثلاجات وأجهزة التكيف وكثير من الصناعات الأخرى).

وفي هذه الحالة يعتبر الأوزون من المكونات الخطيرة على صحة الإنسان لأن تنفس قدر ضئيل منه يحدث تهيج في الجهاز التنفسي وقد يحدث الوفاة.

أما في الأوزون الموجود في طبقات الجو العليا فيتكون من تفاعل جزيئات الأوكسجين مع الأكسجين الحر الذي ينتج من هذه انشطار هذه الجزيئات بفعل الأشعة فوق البنفسجية

$$O2 + O \quad \xrightarrow{\text{Ultra Violet}} \quad O3$$

ومن نعم الله على خلقه أن جعل طبقة الأوزون في Stratosphere تعمل كدرع أو مرشح واقي يحمي الكره الأرضية من الأشعة فوق البنفسجية الضارة ولا يسمح إلا بمرور جزء يسير من هذه الأشعة.

ولولا وجود طبقة الأوزون هذه لزالت الحياة من الكرة الأرضية.

ومع بداية السبعينيات بدأ الاهتمام بالملوثات الصادرة من نشاط الإنسان على طبقة الأوزون فقد وجد أن أكاسيد النيتروجين تفتت جزيئات الأوزون

$$NO + O_3 \quad NO_2 + O_2$$

$$NO_2 + O \quad NO + O_2$$

وبـذلـك يعـود أكسـيد النتروجين إلى حالتـه الأصـلية ليعيـد الـدورة مـرة أخري وبذلك تحتل التوازن الطبيعي.

وكـذلك وجـد أن مركبـات الكلوروفلوروكربـون (بعضـها معـروف صناعياً الفريون) تقوم بتفتيت جزئ الأوزون.

ونظـراً لازديـاد اسـتخدام هـذه المركبـات في كـثير مـن الصـناعات مثـل البخاخـات المعطـرة والمزيلـة لرائحـة العـرق وتسـمي ايروسـول وعلـى هيئـة سـائل في معـدات التبريـد وتكيف الهـواء وفي الصناعات الإلكترونيـة مـن حاسـبات وتلفزيونـات وأجهزة استقبال وإرسال وخلافة.

خطر هذه المادة هو انبعاثها في الهواء وصعودها لطبقات الجـو العليـا يتحـرر الكلور بفعل الأشعة فوق البنفسجية مـن مـركبـات الكلوروفلوروكربـون وهـذا الكلـور هـو الـذي يعمـل علـى تـدمير الأوزون وهـو أحـد أسـباب ثقـوب الأوزون وتقليـل نسـبة في الغلاف الجوي.

ذرة كلور + جزئ أوزون أشعة فوق بنفسجية أكسيد الكلور + جزئ أوكسجين

$$CL + O_3 \; UV \quad CLO + O_2$$

وتجدر الإشارة إلى أن غاز الكلوروفلوروكربـون لـه عمـر طويـل قـد يمتـد قرنـاً أو يزيـد 75 – 100 سـنه. كمـا أن هنـاك غـازات أخـري غـير الكلـور لهـا تـأثير مـدمر على الأوزون مثل الهيدروجين والنتروجين.

هناك أيضاً عوادم الطائرات النفاثة والطائرات أسرع من الصوت بما تلفظه من نتروجين من العادم الذي يدفعها للأمام ويؤدي إلى التلوث من جهة أخرى.

إطلاق الصواريخ للفضاء تحرق كمية كبيرة من الوقود السائل أو الصلب وبذلك تخلف أطناناً من الغازات الضارة بطبقة الأوزون. فقد ورد في إحصائية روسية أن كل عملية إطلاق صاروخ (مكوك فضائي) تدمر مليون طن من غاز الأوزون. كما ثبت أن الدقيقتين الأولي من إطلاق المكوك الأمريكي (التي تحترق خلالها صواريخ الدفع الابتدائية التي تعمل بالوقود الجاف) والتي تمثل المرحلة الأولي في الصواريخ الحاملة للمكوك ينتج عنها 187 طناً من غاز الكلور ومركباته 17 طناً من أكسيد الألمنيوم.

أضرار تآكل طبقة الأوزون على البيئة:-

ينتج عن تآكل طبقة الأوزون أو وجود ثقب أضراراً يمكن تلخيصها:

1. انتشار سرطان الجلد:

يؤدي تآكل طبقة الأوزون إلى زيادة الأشعة فوق البنفسجية التي تصل إلى الأرض قد بلغ 1٪ فإن الأشعة فوق البنفسجية تزداد بنسبة تعادل 2٪ وبالتالي فإن معدل الإصابات بسرطان الجلد يزداد 4٪ وهناك إحصائية امريكية تقول بأن نقصان قدرة 3٪ يعني حدوث ثمانية عشر آلف من الإصابات بسرطان الجلد.

2. لتأثير الوراثي: (حدوث تلف لحمض D.N.A)

إن تعرض الجلد للأشعة فوق البنفسجية يمكن أن يحدث تلفاً Epidermal اي تحت البشرة الخارجية للجلد مباشرة بسبب تلف الحامض النووي D.N.A وينتج عن ذلك انقسام الخلايا وحدوث الأورام. ولأن حمض D.N.A هو المسئول عن نقل الصفات الوراثية فإن إصابته تكون نتيجة الإسراف في تعرضه للأشعة فوق البنفسجية حيثما ينتقل من جيل إلى جيل.

3. حدوث المياه البيضاء في العين (كتاركت):

تسرب الأشعة فوق بنفسجية إلى سطح الأرض بسبب تأكل طبقة الأوزون يؤدي إلى حدوث عتامه في العين وهي المعروفة بالمياه البيضاء. وقد يؤدي إلى زيادة نسبة الأشخاص المصابين بالعمى.

4. حدوث اختلال في جهاز المناعة في حسم الإنسان:

يؤدي ايضاً زيادة الأشعة فوق البنفسجية نتيجة تأكل طبقة الأوزون إلى اختلال جهاز المناعة لدى الإنسان مما يزيد من نسبة تعرضه للأمراض المعدية المختلفة وخاصة الجهاز التنفسي.

5. حدوث أمراض اخري:-

ا) الشيخوخة المبكرة وتسمم الدم والأرهاق العصبي.

ب) العمي الجليدي Snow Blindness.

ج) شيخوخة الجلد (أمراض جلدية أخرى).

6. المحاصيل الزراعية:

تسرب الأشعة فوق البنفسجية يلحق أضرار بالمحاليل الزراعية مثل الخضراوات وفول الصويا والقطن وقد يقلل من إنتاجها وبذلك يهدد الموارد الزراعية.

7. الثروة الحيوانية:

حيث أن الحيوانات تتغذى على النباتات والأعشاب وهذا يعني أن الضرر سيلحق بها نتيجة تضرر النباتات.

8. الثروة السمكية:

زيـادة الأشـعة فـوق البنفسـجية يقلـل مـن الطحالـب والنباتـات ذات الخليـة الواحدة التي تتغذى عليها الأسماك كما أنه يهلك يرقات الأسماك التي تعيش قريباً من سطح الماء.

9. تغيير المناخ:

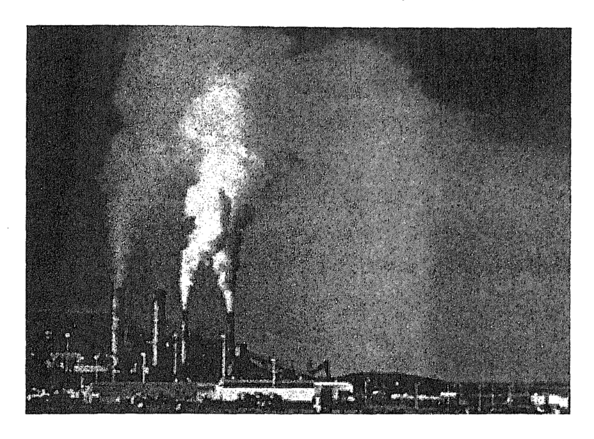
زيــادة الأوزون في التربوســفير Troposphere نتيجــة التلــوث ونقــص في طبقـة الأستراتوسـفير تسـبب خلـلاً في تـوازن الغـلاف الجـوي يـؤدي إلى ارتفـاع درجـة الحـرارة في الأرض أو الغـلاف الجـوي ولا يعتـبر الأوزون هـو الوحيـد في تسـبب ارتفـاع درجة حـرارة الأرض بل يشارك وبنسبة رئيسـية غاز ثـاني أكسيد الكربـون ومـركبات الكلوروفلوروكربـون وأكاسـيد الـنتروجين وغـاز الميثـان. ويقـول العلمـاء أن درجـة الحرارة على الأرض سوف ترتفع بمقدار 3 – 5 درجـات في كـل مكـان مـن الآن وحتـى عام 2050م. وتعرف الغـازات السـابق ذكرهـا بغـازات الاحتبـاس الحـراري لأنهـا تـؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الأرض.

إن ارتفـاع درجـة حـرارة الأرض ومـا يصـاحبها مـن تغييرات مناخيـة قـد يكـون مفيداً وضاراً.

فسـوف نجـد أن بعـض المنـاطق تزيـد إنتاجيـة الغابـات والمحاصيل الزراعيـة بينما تتدهور في مناطق أخرى وكذلك الأمطار.

كما أن ارتفاع درجات الحرارة يعجـل بارتفـاع سـطح البحـر ممـا يهـدد الجـزر والمناطق المنخفضة بالغرق.

أضرار تلوث الهواء على الإنسان:



1) غاز أول أكسيد الكربون:

هو غاز ليس له لون ولا رائحة، ومصدره عملية الاحتراق غير الكامل للوقود، ويصدر من عوادم السيارات ومن احتراق الفحم أو الحطب، وهو أخطر أنواع تلوث الهواء وأشدها سمية على الإنسان والحيوان؛ حيث يتحد أول أكسيد الكربون مع الهيموجلوبين، وفي هذه الحالة يحرم الجسم من الحصول على الأكسجين.

2) غاز ثاني أكسيد الكربون:

تساهم النباتات في استخدام جزء كبير منه في عملية التمثيل الضوئي، بينما زيادته تؤدي إلى صعوبة في التنفس وفي الشعور بالاحتقان مع تهيج للأغشية المخاطية والتهاب القصبة الهوائية وتهيج الحلق.

يعتبر غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج من الوقود من أهم الملوثات التي أدخلها الإنسان على الهواء، ويتكون غاز ثاني أكسيد الكربون من احتراق المواد العضوية كالورق والحطب والفحم وزيت البترول.

إن الإسراف في استخدام الوقود وقطع الغابات أو التقليل من المساحات الخضراء ساهم في ارتفاع نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو، الذي قد يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الأرض، وهو ما يعرف بالاحتباس الحراري.

3) غاز كبريتيد الهيدروجين:

هو غاز ذو رائحة تشبه البيض الفاسد، ويتكون من تحلل المواد العضوية مثل الصرف الصحي، وهو غاز سام وقاتل، ولا يختلف عن أول أكسيد الكربون أو سيانيد الهيدروجين، حيث يتحد مع هيموجلوبين الدم محدثًا نقصًا في الأكسجين الذي يصل إلى الأنسجة والأعضاء الأخرى من الجسم.

وله التأثيرات التالية:

- يؤثر هذا الغاز على الجهاز العصبي المركزي.
- يؤدي إلى حدوث اضطراب وصعوبة في التنفس.
- يسبب خمول ويقلل القدرة على التفكير.
- يهيج ويخشن الأغشية المخاطية للجهاز التنفسي والعين.

4) غاز ثاني أكسيد الكبريت:

غاز ثاني أكسيد الكبريت هو غاز حمضي، يعتبر من أخطر ملوثات الهواء فوق المدن والمنشآت الصناعية. ويتكون من احتراق أنواع الوقود كالفحم وزيت البترول.

اضرار ثاني اكسيد الكبريت:

- يؤثر على الجهاز التنفسي للإنسان محدثاً آلاماً في الصدر.
- يسبب التهاب القصبة الهوائية وضيق التنفس.
- التركيز العالي له يسبب تشنج الأحبال الصوتية، وقد يؤدي إلى تشنج مفاجئ واختناق.
- التعرض الطويل للغاز يؤثر على حاسة التذوق والشم، كما يؤدي إلى التصلب الرئوي.
- يسبب تهيج العيون وكذلك الجلد.
- يسبب الأمطار الحمضية.

5) غاز ثاني اكسيد النيتروجين:

ينتج من احتراق المركبات العضوية، وأيضًا من عوادم السيارات والشاحنات وبعض المنشآت الصناعية، ويكون مع بخار الماء في الجو حمضا قويا هو حمض النيتريك، كما يسبب الأمطار الحمضية. وعند وصوله مع بقية أكسيد النيتروجين الى طبقات الجو العليا (طبقة الأوزون) يحدث أضرار كثيرة لهذه الطبقة.

اضرار غاز ثاني اكسيد النيتروجين:

- يؤدي إلى تهيج الأغشية المخاطية للمجاري التنفسية ويسبب أضرارًا في الرئة.
- يؤدي إلى تهيج الأغشية المخاطية للعين.
- يحدث ضررًا في طبقة الأوزون.
- يكوّن الأمطار الحمضية.

6) الرصاص:

قد يتعرض الانسان للتلوث بالرصاص سواء عن طريق استنشاق الهواء أو تناول الطعام الملوث بالرصاص أو مشتقاته، وأهمها استنشاقه على شكل جسيمات عالقة في الهواء أو الغبار، مما يؤدي إلى تراكم الرصاص – وهو عنصر سام – في الدم عن طريق الجهاز التنفسي، ويؤثر الرصاص على الجهاز الهضمي وجهاز المناعة والكلى والكبد والأوعية الدموية، كما ثبت أن أجسام الأطفال تمتص الرصاص بنسب أعلى من البالغين مما يعرضها لمخاطر أكبر.

يضاف الرصاص لبنزين وقود السيارات، ويخرج من عوادم السيارات إلى الهواء محدثاً تلوثاً به، وخاصة في المدن المزدحمة التي تستخدم وقوداً أو بنزين يحتوي على رصاص.

تمتص أوراق الأشجار الغازات السامة، حيث إن الأشجار المزروعة على جانبي الطريق تحتوي على تركيز الرصاص في الأماكن غير الملوثة على 3 – 5مج / كيلوجرام من الوزن الجاف.

أضرار الرصاص:

- يسبب الصداع والضعف العام، وقد يؤدي للغيبوبة وإلى حدوث تشنجات قد تؤدي للوفاة.
- يؤدي إلى إفراز حمض البوليك وتراكمه في المفاصل والكلى.
- يقلل من تكوين الهيموجلوبين في الجسم.
- يحل محل الكالسيوم في أنسجة العظام.
- يؤدي إلى القلق النفسي والليلي.
- يسبب التخلف العقلي لدى الأطفال.
- تراكمه في الأجنة يؤدي إلى تشوه الجنين وإلى إجهاض الحوامل.

وقد انخفضت تركيزات الرصاص نتيجة مجهودات الدولة؛ مثل تعميم استخدام البنزين الخالي من الرصاص، ونقل مسابك الرصاص بمدينة شبرا الخيمة إلى خارج الكتلة السكنية.

7) مركبات الكلورو فلوكربون:

تنتج هذه المركبات من صناعات عديدة أهمها الأيروسولات الموجودة في المبيدات أو بعض مواد تصنيف الشعر أو مزيل رائحة العرق. وكذلك يمكن استخدام مركبات الكلورفوروكربون على هيئة سائل في أجهزة التكييف والتبريد وثلاجات المنازل، كما أن إحراق النفايات المنزلية إحراقًا غير كاملا يؤدي إلى انتشار هذه المركبات في الهواء.

يوجد تركيز من هذه المركبات في طبقات الجو على بُعد 18 كم فوق المناطق القطبية، وتقدر كمية هذه المركبات التي تنطلق في الجو بما يزيد على مليون طن سنويًا، وعند وصول هذه المركبات لطبقة الاستراتوسفير stratosphere التي بها طبقة الأوزون، فإنها تتحلل بفعل الأشعة فوق البنفسجية الموجودة في الشمس إلى ذرات الكلور والفلور التي تقوم بمهاجمة الأوزون، وتحوّله إلى أكسجين، وبذلك تساعد على تدمير طبقة الأوزون.

8) بعض الشوائب والمواد العالقة:

كثير من المصانع تخرج منها أبخرة في الهواء الجوي تحتوي على مركبات ممتلئة بالسموم مثل مركبات الزرنيخ والفوسفور والكبريت والسلينوم، كما تحمل معها بعض المعادن الثقيلة كالزئبق والرصاص والكادميوم وغيرها، وتبقى هذه المواد الشائبة عالقة في الهواء على هيئة رذاذ أو ضباب خفيف، ويكون هذا التلوث واضحًا حول المصانع، ولكن قد تنقله الرياح الى أماكن أخرى.

ظاهرة الإنحباس الحراري وتأثيراتها البيئية والصحية:

مقدمة:

الهواء الطبيعي عنصر مهم لحياة الكائنات الحية على سطح الكرة الأرضية وهـو مـن أهـم مكونـات الغـلاف الجـوي الـذي يحمـي الأرض مـن الإشـعاعات الضـارة وتقلبات الحـرارة والهواء النقـي عديم اللـون والرائحـة ويكـاد يكون تركيبـه واحـد في الطبقة السفلي من الغلاف الجوي. جـدول (1) يوضـح اهـم مكونـات الهـواء في طبقـة التربوسفير الملامسة للأرض.

جدول 1: نسب مكونات الغلاف الجوي السفلي (طبقة التربوسفير):

الغاز	الرمز الكيمائي	النسبة المئوية (٪)
نيتروجين	N2	78.08
أكسجين	O2	20.94
ارجون	Ar	0.934
ثاني اكسد الكربون	CO2	0.035
نيون	Ne	0.00182
هيليوم	He	0.00052
ميثان	CH4	0.00015
كريبتون	Kr	0.00011
هيدروجين	H2	0.00005
ثاني أكسيد النيتروجين	N2O	0.0000001
ثاني أكسيد الكبريت	SO2	0.00000002
زينون	Xe	0.000009

أن نشاطات الإنسان غير المسؤولة والتوسع الصناعي والعمراني في القرن الأخير أدت إلى الإخلال بالتركيب الطبيعي لغازات الغلاف الجوي مم كان له اكبر الأثر في ظهور كثير من المشاكل البيئية والصحية.

- ظاهرة الانحباس الحراري:

يلعب تركيب الهواء بنسب مكوناته الطبيعية دور هام في عملية الاتزان الطاقي لكوكب الأرض وهذا يعني أن كمية إشعاع السماء التي تدخل إلى الغلاف الجوي تساوي تماما كمية الطاقة لإشعاع الأرض والمتشتت من الغلاف الجوي إلى الفضاء الخارجي.

أن الخلل الحادث في تركيز غازات الغلاف الجوي – خاصة في تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون – بسبب فعاليات الإنسان أدى إلى انحباس جزء من الطاقة داخل الغلاف الجوي مما تسبب في التغيير في معدلات درجة حرارة سطح الأرض وتكوين ما يعرف بظاهرة الانحباس الحراري.

ولما كانت مقدرة هذه الغازات على حجز الحرارة داخل الغلاف الجوي منوطة بكمية هذا الغاز في الهواء فإن اختلال نسبة مكونات الغلاف الجوي يؤدي إلى اختلال قدرة هذا الغلاف على حفظ درجة حرارة الأرض ارتفاعاً أو انخفاضاً. إن زيادة استهلاك أنواع الوقود التقليدية المختلفة أدى إلى ارتفاع نسبة هذه الغازات في الغلاف الجوي مما نتج عنة ارتفاع في متوسط درجة حرارة الأرض.

جدول 2 يوضح أهم الغازات التي يتسبب زيادة تركيزها في الغلاف الجوي إلى ظاهرة الانحباس الحراري وهي المسؤولة عن مواسم الشتاء الأكثر دفئا ومواسم الربيع المبكر عن موعدها خلال العقود الأخيرة من القرن العشرين في النصف الشمالي من الكرة الأرضية. وأيضا يوضح الجدول النسبة المئوية المشاركة كل نوع من هذه الغازات في مشكلة الانحباس الحراري، إذ يتصدر غاز ثاني أكسيد الكربون

هذه المجموعة ويتسبب بأكثر من 60٪ من انحباس إشعاع الأرض من الأشعة تحت الحمراء في طبقة التربوسفير.

جدول 2: نسبة مساهمة الغازات في ظاهرة الانحباس الحراري.

الغاز	النسبة المئوية (%)
ثاني أكسيد الكربون CO_2	64%
الميثان CH_4	19%
الكلوروفلوكاربونات CFCs	11%
ثاني أكسيد النيتروجين N_2O	6%

وأظهرت دراسة التفاعلات بين المحيطات والتيارات الهوائية أن التيارات الهوائية القطبية التي تتجه من الطبقة الجوية العليا إلى الطبقة السفلي تهب بقوة اكبر فوق المحيطات الحارة ناقلة بذلك الرياح الحارة والرطبة إلى أمريكا الشمالية وأوربا وآسيا متسببة في مواسم شتاء اكثر دفئا وربيع مبكر في القسم الشمالي من الأرض.

أن معدلات حرارة سطح الأرض في النصف الكرة الشمالي ارتفعت خلال اشهر الشتاء خمس درجات مئوية خلال الأعوام الثلاثين الأخيرة أي اكثر بعشر مرات من الارتفاع العالمي. أن الشتاء الأكثر دفئا سيؤدي إلى ظروف مناخية اكثر رطوبة في أوربا وفي غرب الولايات المتحدة وستكون أوربا الغربية اكثر المناطق تعرضا للعواصف التي تهب من الأطلسي.

وأشار الباحثون إلى أن هذا التوجه إلى ارتفاع الحرارة سيتواصل في الأعوام الـ30 المقبلة بالتزامن مع تزايد تكثف غازات الاحتباس الحراري في الجو.

مصادر تلوث الهواء:

يمكن تصنيف ملوثات الهواء إلى ثلاث مصادر رئيسية وذلك حسب مصدر وطبيعة الملوثات وهي:

- مصادر ثابتة من صنع الإنسان.
- مصادر متحركة من صنع الإنسان.
- مصادر طبيعية.

- **مصادر ثابتة:**

وهي الناجمة عن المصانع والمنازل وغيرها من الأماكن الثابتة فعلى سبيل المثال تؤدي صناعة النفط إلى تلوث الهواء بغازات أكسيد الكبريت والنيتروجين والامونيا وأول أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين.

كما وتنبعث غازات الميثان وأول أكسيد الكربون والامونيا وكبريتيد الهيدروجين من النفايات العضوية. وتنبعث أكاسيد الحديد من مصانع الحديد والصلب وغيرها الكثير من الأمثلة لصناعات تؤدي إلى إنبعاث غازات ضارة بالبيئة والإنسان.

- **مصادر متحركة:**

وتشمل وسائل النقل من سيارات ومركبات وطائرات وقطارات وسفن وغيرها حيث تطلق هذه الوسائل العديد من الغازات الضارة مثل أول أكسيد الكربون وأكاسيد النيتروجين والكبريت وأكاسيد وكلوريدات الرصاص وغيرها.

- **مصادر طبيعية:**

وهي الناتجة عن أشعة الشمس مثل الأوزون والغبار والشوائب الناتجة عن العواصف والغازات الناجمة عن البراكين والإشعاعات المنطلقة من التربة وكذلك ما ينتج عن حبوب اللقاح والميكروبات مثل البكتيريا والفطريات والفيروسات.

الغازات المسببة للانحباس الحراري:

وفيما يلي عرض موجز لمصادر أهم غازات الانحباس الحراري:

1) غاز ثاني أكسيد الكربون:

مصادر التلوث بهذا الغاز ناتجة عن استخدام أنواع الوقود الاحفورية المختلفة من فحم وبترول ومن تخمر المواد السكرية سواء من الكائنات الدقيقة أو بالطرق الكيميائية ومن تنفس النبات والحيوان ومن تحللها بعد موتها. وتلعب وسائل المواصلات ومصانع الإنتاج المختلفة دور أساسي في زيادة نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون في جو المدن

إن ارتفاع تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو سيؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الأرض وخصوصاً في المدن المزدحمة بوسائل المواصلات. وإذا استمرت الزيادة لهذا الغاز سيؤدي ذلك إلى ارتفاع حرارة الكرة الأرضية وقد ينتج عن ذلك ذوبان الجليد وارتفاع مستوى المحيطات وحدوث فياضانات وخلل في النظام البيئي.

هذا بالإضافة إلى أنة في الأماكن الرطبة يؤدي تلوث الهواء بغاز ثاني أكسيد الكربون إلى تكوين رذاذات حمضية كربونية تلحق أضرار بالنباتات والحياة المائية والأبنية التي تبنى بالحجر الجيري مكونا كربونات الكالسيوم التي تتفتت بسهولة.

2) غاز الميثان:

يعتبر غاز الميثان من الغازات الطبيعية في الغلاف الجوي وهو ينتج من التفاعلات الكيماوية في الظروف اللاهوائية في الغابات والبرك والمستنقعات هذا بالإضافة الى خروجه مع غازات البراكين ومن حقول الغار الطبيعي. ونتيجة لنشاطات الإنسان المختلفة بدأت كميات إضافة من هذا الغاز تصل إلى الجو خاصة النشاطات المتعلقة بتربية الحيوان في الحظائر ومحطات معالجة المياه العادمة ومكبات النفايات الصلبة.

3) الكلور فلور كربونات:

بالإضافة إلى غازات ثاني أكسيد الكربون والميثان المسببة للانحباس الحراري هناك مجموعة من غازات أخرى تمثل ما يزيد على 11٪ من هذه الظاهرة وهي مجموعة الكلور فلور كربونات ويندرج تحت هذه المجموعة العديد من الغازات التي لها دور فعال في تآكل طبق الأوزون بالإضافة إلى دورها في الإنحباس الحراري وتصنف ثالثاً بعد ثاني أكسيد الكربون والميثان من حيث دورها في إحداث الظاهرة.

هذه المركبات هي من صنع الإنسان ولم توجد في الطبيعة قبل الثورة الصناعية وقد ازداد انبعاث هذه الغازات في الهواء حتى سنوات التسعينات ولكن هناك ثبات تقريباً في مستوياتها بعد تطبيق قوانين السيطرة على انبعاث هذه الغازات.

4) غاز ثاني أكسيد النيتروجين:

مصادر التلوث بغاز ثاني أكسيد النيتروجين ينتج من أكسدة المواد العضوية النيتروجينية ومن عوادم السيارات ومن إحتراق الغاز الطبيعي والفحم الحجري ومن التفاعلات الطبيعية التي تحدث في الغلاف الجوي ومن التفريغ الكهربي للسحب أثناء الرعد.

يعمـل هـذا الغـاز علـى تهـيج الجيـوب الأنفيـة ومجـرى التـنفس ويـؤدي إلى حـدوث الاديمـا في الرئـة وعنـدما ترتفـع نسـبة غـاز النيتروجين في الهـواء يعمـل علـى امتصاص الطاقة ويتحول إلى أول أكيد النيتروجين الذي يتحد مع هيموجلوبين الـدم ويكـون الميثـاميجلوبين الـذي ينـتج عنـه نقـص في الأكسـجين وخاصـة عنـد الأطفال ويهاجم هـذا الغـاز أوراق النباتات ويؤدي إلى تليف ونخر الأوراق وخصوصا في الحمضيات

ويتفاعـل مـع بخـار الماء ويكون رذاذات نيتروجينيـة تضـر الأبنيـة والنباتـات ويمتص هذا الغاز اللون الأخضر المزرق من أشعة الشمس ويصبح لون طيف الشمس أصفر وتكثر هذه الظاهرة في المناطق الصحراوية المغبرة.

ويعمـل هـذا الغـاز مـع الجسـيمات الهيدروكربونيـة والأوزون علـى تكـوين ضباب دخاني ينتج عنه انخفاض في حرارة الغلاف الجوي

5) غاز ثاني اكسيد الكبريت:

مصادر التلوث بهذا الغاز ينـتج مـن مصـانع الكبريـت والأسمـدة والنحـاس والرصاص والدباغات الكيميائية ومن تحلل وأكسدة المواد العضوية التي يدخل في تركيبها الكبريت ومن إحتراق النفط أثناء عمليات تقطير البترول ومشتقاته وقد ينتج هذا الغاز من البراكين.

تؤثر زيادة تركيـز هـذا الغـاز علـى الجهـاز التنفسـي للإنسـان مـن ضيق في التـنفس والتهـاب في القصـبة الهوائيـة وحـدوث إختنـاق وسـعال شـديد وعنـدما يصـل تركيـز هـذا الغـاز إلى 50 – 100 جـزء مـن المليون يـؤدي إلى مـوت خـلال 10 دقـائق كما ويسبب أضرار بالغة للنباتات حيث يعمل على إحناط عملية البناء الضوئي عندما يترسب على هيئة كبريتات داخل انسجة طبقة الميزوفيل وأيضاً يتفاعل هذا الغاز مع بخار الماء ليكون رذاذات كبريتية تسبب ضرر للنباتات والأبنية المشيدة من الحجر الجيري.

تأثيرات ارتفاع حرارة الارض:

تشير الدراسات ان القرن العشرين قد سجل أعلى إرتفاع في درجات الحرارة منذ حوالي مائة عام وقد ثبت أن هناك علاقة وثيقة بين إزدياد نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون والانحباس الحراري.

يعتقد العلماء أن حرارة الارض من الممكن أن ترتفع أو تنخفض حسب موقع الارض بالنسبة للشمس ففي القسم الشملي من الكرة الأرضية قد ترتفع الحرارة أكثر من المعدل الطبيعي وفي القسم الجنوبي أقل من المعدل الطبيعي وهذا سيكون له أثر مختلف من منطقة لأخرى حيث سيحدث التصحر في مناطق وفيضانات في مناطق أخرى ويدخل ضمن تأثير إرتفاع الحرارة:

ويمكن تلخيص أهم الآثار البيئية والصحية نتيجة ارتفاع درجة الحرارة في النقاط التالية:

- **ارتفاع منسوب سطح البحر Seawater level rise**

ستغرق الكثير من الجزر ويهجر الكثير من سكان الناطق الساحلية ويحرمون من أراضيهم نتيجة لارتفاع سطح البحر هناك دراسات تؤكد أن أول ناتج لتلوث ا لهواء وإرتفاع درجة حرارة الارض سيكون زيادة لبخار الماء في الجو وبالتالي زيادة الأمطار التي ستؤدي إلى زيادة منسوب المياه في البحار والمحيطات وهناك تخوف أيضاً من أن إرتفاع درجة الحرارة سيؤدي إلى ذوبان الثلوج وبالتالي زيادة منسوب المحيطات وهذا يعني اختفاء بعض الجزر عن الخرائط وغرقها.

وقد ترتفع مياه البحر بمقدار متراً أو مترين بحلول نهاية هذا القرن وهذا سيؤدي إلى تدمير مساحات كبيرة من الأراضي المنخفضة.

ولحماية هذه الأراضي يجب بناء السدود وغيرها من المنشآت التي تعمل على حجز المياه وتمنعها من الوصول إلى هذه الأماكن وهذا سيكلف مبالغ طائلة تقدر

بلايين الدولارات وليس بمقدور معظم البلدان تحمل مثل هذه التكاليف وعلى هذه البلدان الإختيار ما بين صرف هذه المبالغ الضخمة وبين التخلي كليا عن المناطق المنخفضة.

وأسوء البلاد تعرضاً لمثل هذا الخطر هي بلدان العالم الثالث وخصوصاً في آسيا حيث هناك الملايين يعيشون ويزرعون في دلتات الأنهار وسهول الفيضانات. ومن المتوقع أن تتقلص المساحات الأرضية بعدة كيلومترات مما سيغطي الكثير من القرى الساحلية ويحرم سكان عديدين من أراضيهم ومصادرهم.

هذا ما أكده مجموعة من الخبراء سنة 1989. وفي بنغلادش وبحلول عام 2050 يمكن أن تغمر مياه البحر ما يقدر بحوالي 18٪ من مساحة الأراضي مم سيؤدي إلى تشريد ما يزيد على 17 مليون شخص

في الولايات المتحدة الأمريكية أجريت دراسات لتقييم التأثيرات الناجمة عن ارتفاع منسوب مستوى سطح البحر فعلى الرغم من إمكانية الحصول على فوائد قليلة من التغيرات المناخية مثل انخفاض تكاليف إزالة الثلوج والتدفئة ولكنها في المقابل ستنفق ملايين الدولارات على تحسين نظام الإمداد بالماء حيث سيزداد الطلب كما أن الإمدادات ستتدهور عندما يدفأ المناخ فعلى سبيل المثال في ميامي المستصلحة أصلا من البحر لن تنجح حتى الحماية بالسدود في حماية أماكن الماء الأرضي العذب الذي يغذي المدينة وسوف تزيد الفياضانات ولن يكون هناك مفر من إنفاق بلايين الدولارات لتطوير إمدادات جديدة للماء.

- **التأثيرات الزراعية Impacts Agriculture**

يوجد إجماع متنامي بأن التغيرات المناخية ستؤدي إلى زيادة أو نقص في الإنتاج الزراعي.

مـن الأشـياء الـتي سـتتأثر بإرتفـاع درجـات الحـرارة هـي الزراعـة حيـث يـؤثر عليها تغيرات المناخ من شدة الحرارة وقلة الأمطار وزيادة غاز ثاني أكسيد الكربون. فمثلاً المناطق الرئيسية لزراعة الحبوب في أمريكا الشمالية متوقع أن تصبح أكثر حرارة وجفاف والمحتمل أيضا أن تقل الأمطار في تلك المنطقة وهذا سيؤثر سلباً على الزراعة بشكل عام.

بالنسبة لزراعة القمح الذي يعتمد على كمية كبيرة من الرطوبة تعمل درجات الحرارة العالية على إعاقة تلقيحه خلال فترة الإخصاب وهذا سيؤثر سلباً على جودة القمح وكميته.

وهنـاك منـاطق سـتعاني مـن عجـز في المياه عنـد إرتفـاع درجـة الحـرارة وإنخفاض سقوط الثلج شتاءً كما هو متوقع في كاليفورنيا على سبيل المثال وهذا سيؤدي إلى زيادة فترات الجفاف وإضطراب الزراعة في تلك الولاية.

وهناك دراسات تؤكد بأن منطقة المحاصيل بالسهول العظمى في الولايات المتحدة ممكن أن تنقص إلى الثلث، ونظرياً يمكن تعويض هذا النقص بالتوسع الزراعي في كندا وسيبيريا مثلا لكن تربة هذه المناطق ضعيفة ويلزمها الكثير حتى تصل إلى إنتاجية وجودة الأراضي الزراعية.

الغابات على سبيل المثال مكيفة لتتواءم مع نطاق ضيق من درجات الحرارة والرطوبة والعلماء الذين يدرسون الغابات الصنوبرية بمنطقة الولايات المتحدة الواقعة في شمال غرب المحيط الهادي يشيرون إلى إمكانية حدوث نقص شديد في نطاق أشجار (تنوب دوجلس) وهي الدعامة الرئيسية لمنتجات الغابات الصناعية فهذا النوع من الأشجار يتطلب كمية ضخمة من الرطوبة في التربة ومن الممكن أن تهبط هذه الرطوبة هبوطاً حادا بالتدفئة المتوقعة.

وأجريت دراسات أخرى على تأثير درجة حرارة الأرض على غابات شرق الولايات المتحدة والمتوقع أن تصبح الأنواع المهمة مثل الزان والقيقب غير قادرة على

التكاثر في غضون بضعة عقود وبعد بضعة عقود أخرى ستصبح الأشجار الضخمة مجهدة وضعيفة ومعرضة للمرض والحشرات وستأتي الحرائق في النهاية على الغابات الواهنة.

وإذا لم تبذل جهود ضخمة لجلب أنواع من الأشجار تحت مدارية ورعايتها فمن الممكن أن تصبح مناطق واسعة أراضي قاحلة مقفرة وما دام المناخ مستمر في التغير فإن الجهود البشرية التي تبذل لإحياء الغابات محكوم عليها بالفشل والإخفاق. النتيجة المتوقعة لنقصان المحاصيل الزراعية هي إرتفاع أسعار الغذاء في مناطق تعتمد اعتماد أساسي على الزراعة وهذا سيهدد حياة الملايين. وتؤكد دراسات بأنه حتى لو حدث توازن بين إنتاج الغذاء والطلب عليه فإنه قد يحدث مناخ أكثر حرارة وجفاف يسبب استهلاك مخزون الحبوب استهلاك خطير.

- الجفاف والتصحر **Drought and desertification**

يتوقع أن تزاد مساحة الصحاري عل حساب الأراضي الزراعية.

ظاهرة أخرى أصبحت تهدد البشرية نتيجة للإرتفاع المتوقع لدرجة الحرارة وهي الجفاف والتصحر التي كانت في الماضي تحدث في بعض الدول نتيجة لتغيرات الطقس الطبيعية أما الآن فأصبحت المشكلة أكبر نتيجة لتدخل عوامل أخرى فزيادة الحرارة تعمل على نقص رطوبة التربة بدرجة كبيرة مما سيؤدي إلى قحط شديد خاصة في الدول النامية ويترتب على ذلك تدني الناتج المحصولي.

هذا من ناحية ومن ناحية أخرى فإن استخدام الأراضي الزراعية للرعي والقيام بخلع الأشجار سيؤدي ذلك إلى تعرية وتآكل التربة وزيادة التصحر الذي له اكبر الأثر في معاناة الكثير من الشعوب وخاصة في أفريقيا الذين سيعانون من الجوع وسوء التغذية مما سيدفعهم إلى ترك اماكن عيشهم والإنتقال إلى أماكن أخرى بحثاً عن الغذاء.

ليس هناك إحصائيات دقيقة لهذه الأزمة ولكن هناك دراسات تشير إلى أن حوالي 150 مليون شخص يعانون من المجاعات وسوء التغذية وهناك 4 ملايين من اللاجئين والعائدين وعدد غير محدد من الأشخاص الذين تركوا أماكن عيشهم إلى أماكن أخرى. أفريقيا هي أكثر الدول تأثراً بهذه الظاهرة وهذا ما أظهرته خرائط الطقس حيث ستزداد الحرارة والجفاف وبالتالي التصحر وخصوصاً المناطق الشرقية منها.

- التنوع الحيوي **Biodiversity**

قد تتعرض الكثير من الأنواع بسبب فقدانها لبيئتها أو عدم قدرتها على التأقلم مع التغيرات المناخية

أحدثت التغيرات المناخية في الثلاثون سنة الماضية ضرراً شديداً بأحد أكثر الأنظمة البيولوجية حساسية خصوصاً السلاسل الصخرية المرجانية والغابات الاستوائية. هذه الأنظمة معروفة بامتلاكها أعلى مستويات تنوع حيوي مع وجود بعض الأنواع التي لم تكتشف بعد.

تواجه السلاسل الصخرية المرجانية مستقبلاً متقلباً جداً.

أن التغير المناخي بالإضافة لتأثيرات سلبية من الجانب البشري ربما يؤثر عليها لتنتهي كأنظمة بيئية غير فعالة.

الكثير من أنواع الضفادع آخذة بالتناقص ويعتقد بأن التغيرات المناخية أحد أهم الأسباب لهذا التناقص والذي يفسره العلماء بحقيقة أن حدة التغير المناخي يفوق قدرة الكثير من الكائنات على التأقلم.

الكثير من البحيرات والأراضي الرطبة ستتأثر سلبا بالتغيرات المناخية.

هذه المناطق المائية تعتبر مساكن مهمة للطيور المهاجرة والطيور المائية.

ستتأثر هذه الطيور لفقدانها أماكن التعشيش وأهم مصادر الغذاء.

وكذلك الأمر بالنسبة للأراضي العشبية والشجرية والسافانا وبالتالي فان الطيور العشبية سوف لن تجد مكاناً لها وكنتيجة لذلك ربما تتناقص أعدادها.

- الاستيطان وصحة البشر Settlement & Human Health

ربما يتعرض سكان المناطق الغير استوائية للإصابة بأمراض استوائية مثل الملاريا والحمى الصفراء.

أكثر المجموعات تضرراً من تأثير الإنحباس الحراري تلك التي تعاني أصلاً من ضغوطات اجتماعية وإقتصادية وظروف مناخية صعبة وهذه ستشمل دول العالم الثالث والمجموعات ذوي الدخل المحدود وسكان المناطق الساحلية المنخفضة والجزر وسكان الأراضي العشبية الجافة ويزداد خطر التعرض للفيضانات النهرية أو الساحلية والجفاف والعواصف والأعاصير.

الكثير من الدول الصناعية الكبيرة تقع في مناطق منخفضة والإرتفاع المتوقع لمنسوب مياه البحر سيهدد مساحات كبيرة من أراضي هذه الدول ذات الثروات الإقتصادية الضخمة.

- الأمن الغذائي Food Security:

تهديد التغيرات المناخية على المنتجات الزراعية يختلف بحسب التوزيع الجغرافي للبلدان.

هناك علاقة وطيدة بين تقلبات المناخ وتغيراته وبين الزراعة. فالزراعة تتأثر بهبات المناخ، وتساهم في زيادة تقلباته وتغيراته، سواء بصورة مباشرة أو غير مباشرة،

من خلال انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، وانقطاع الدورات الطبيعية لكثير من العناصر والمياه، بسبب تدهور الأراضي وقطع الأشجار وغير ذلك.

نظراً لأن أنماط تقلبات المناخ تحدث تدريجيا، فإن تغير المناخ يمكن أن يحدث دون أن يلحظه أحد. فتقلب المناخ ليس مؤذيا بالضرورة في حد ذاته، وإنما تنشأ المشكلة من الأحداث العنيفة، ومن الاضطراب الناجم عن صعوبة التنبؤ بالأحوال الجوية لأكثر من أسبوع.

وتأثير تقلب المناخ على جميع أشكال الإنتاج الزراعي معروفة جيدا. يمكن أن يعزى ما بين 10 ٪ و100 ٪ من تفاوت الإنتاج في الأجل القصير إلى تقلبات الطقس. أما الخسائر المرتبطة بالتقلبات الأساسية في المناخ فهي أكثر من تلك المرتبطة بالكوارث الهائلة — والمحلية المرتبطة بالطقس مثل الأعاصير والفيضانات.

أيا كانت التغييرات التي ستحدث، فإنها ستستمر لعقود أو قرون، حيث أن المناخ يتسم بقصور ذاتي واضح.

إن التأثيرات المحتملة لتغير المناخ على الإنتاج الزراعي لن تعتمد على المناخ في حد ذاته فحسب، وإنما ستعتمد على قدرة المحاصيل الزراعية على التكيف مع التغيرات المناخية.

التغييرات الملموسة في التوزيع الجغرافي للأقاليم المناخية وما يرتبط بها من أنماط استخدام الأراضي قد تؤدي إلى تعديل التوازن الجغرافي للمحاصيل، بما في ذلك حدوث تأثير إيجابي صافي محتمل على الإنتاج في البلدان المتقدمة في المناطق المعتدلة وتأثير سلبي على البلدان النامية في المناطق المدارية.

- ثقب الأوزون **Ozone Depletion**

من أخطر المشاكل البيئية والصحية التي تهدد حياة البشرية.

الانحباس الحراري ونضوب الأوزون هما تهديدان منفصلان، بالرّغم من أن بعض الغازات تُسَاهِمُ في إحداث كلا من الظاهرتين. الكلوروفلوكاربونات CFCs، على سبيل المثال، أحد أسَباب نضوب الأوزون الرئيسيةّ، ووهو أيضًا من المحتفظات القوية للحرارة يساهم في ظاهرة الانحباس الحراري.

في الحقيقة إن بدائل ال CFCs مثل الهيدروكلوروفلوركاربون (HCFCs) والهيدروفلوكاربون (HFCs) تستخدم الآن على نطاق واسع في المكيفات المنزلية ومكيفات السيارات مما يشكل مصدراً إضافيا لمشكلة الانحباس الحراري نظراً لقدرتها على الاحتفاظ بالحرارة وأيضاً لمستوياتها المتزايدة في الغلاف الجوي.

ويمكن تلخيص التأثيرات المتوقعة نتيجة الإنحباس الحراري في النقاط التالية:

- **الصحة:**

إرتفاع درجات الحرارة سيؤدي إلى إنتشار العديد من الأمراض الإستوائية فمثلاً سكان بعض مناطق في الولايات المتحدة سيعانون من البعوضة الإستوائية التي تسبب مرض الملاريا.

- **الزراعة:**

فيما يتعلق بالزراعة سيكون لإرتفاع درجات الحرارة آثار سلبية في بعض الأحيان أو إيجابية في أحيان أخرى، ففي المناطق الشمالية مثل فنلندا،اليابان وكندا ستطول المواسم التي تمتاز بوفرة المحاصيل في الوقت الذي سيحدث فيه تناقص في محاصيل القمح، الذرة وفول الصويا على سبيل المثال.

- **الغابات:**

لن تسلم الغابات من الإرتفاع المتوقع لدرجات الحرارة وفقط الأشجار ذات الأخشاب الصلبة القوية هي التي قد تتمكن من البقاء هذا إلى جانب ما سيحدث

من إنتشار للأوبئة بزيادة الحشرات والطفيليات التي ستجد من زيادة الحرارة بيئة مناسبة لها.

- حياة البراري:

معظم الأنواع التي تنمو في البراري ستتعرض للإنقراض حيث ستعمل الحرارة على تغير أسلوب نموها وبالتالي ستضعف أو قد تختفي تماماً.

- المحيطات:

سيحدث تغير في أماكن تواجد الأسماك حيث ستتغير عليها بيئتها فتلجأ إلى أماكن أخرى وكما أن الحرارة سترفع منسوب مياه البحر وبالتالي ستصبح هناك مناطق معارضة للإنقراض مثل بنغلادش المهددة بالغرق نتيجة لإرتفاع منسوب البحر.

الإجراءات الوقائية للحد من ظاهرة الانحباس الحراري:

مقدمة:

إن ظاهرة الانحباس الحراري مشكلة عالمية لا يمكن الحد منها إلا عن طريق تظافر جميع الجهود الدولية على المستوي الفردي والمؤسساتي والحكومي. ولقد تبين من العرض السابق إن الدول الصناعية والتي تتميز بمعدلات عالية لاستهلاك الطاقة مقارنة بالدول النامية هي المصدر الرئيسي لانبعاثات غازات الانحباس الحراري وعلى هذا فعليها الدور الأكبر في اتخاذ الإجراءات الضرورية للحد من انبعاث هذه الغازات الضارة والتي يمكن حصرها في اتجاهين أساسيين:

1. الحد من انبعاث غازات الانحباس الحراري من خلال الاعتماد على أنواع الطاقة البديلة وتحسين كفاءة الاستفادة من الوقود.

2. زيادة المساحات الخضراء والتي تعتبر الأساسي لامتصاص غاز ثاني أكسيد الكربون.

لقد أوضحت نتائج الدراسة المحلية لقياس مستوي تركيز غازات الانحباس الحراري في غزة على أنها في مستواها الطبيعي ولا تشكل أي خطر على تسخين الارض إلا أن الإجراءات الوقائية التي يمكن اتخاذها للحد من انبعاث الملوثات على الطرق لحماية البيئة الأرضية من التسخين أن تؤدي إلى خفض نسبة التلوث في البيئة المحلية وبالتالي المحافظة على الصحة العامة. علاوة على الفوائد الأخرى التي تتمثل في ترشيد استهلاك الطاقة وتوفير المال وتحسين الحالة الصحية.

عوامل التحكم في نسبة الانبعاثات:

حتى نستطيع تحديد الإجراءات الوقائية ينبغي التطرق أولاً للعوامل المتعلقة مباشرة بنسبة الانبعاثات الصادرة عن وسائل النقل والعوامل غير المباشرة.

أولاً: العوامل غير المباشرة:

1. العدد الكلي للمركبات:

تعتمد نسبة الانبعاثات بشكل رئيسي على العدد الإجمالي للمركبات المارة على الطريق حيث تتزايد هذه النسبة بتسارع في ظل النمو السكاني ومتطلبات التنمية.

2. نوع المركبة

من المعلوم أن كمية الانبعاثات الصادرة عن المركبات تتفاوت تبعاً لأنواعها.

3. سعة المحرك

تنعكس قدرة محرك المركبة على معدل استهلاك الوقود وبالتالي على كمية الانبعاثات الصادرة عنها.

4. كفاءة المركبة وتاريخ إنتاجها

تعتبر كفاءة العربة عالية إذا استطاعت قطع مسافات أكبر بوقود أقل وتعتبر العربات المنتجة قديما أقل كفاءة من غيرها.

5. معدل سير المركبة

تنعكس المسافات التي تقطعها المركبة يوميا بشكل تلقائي على كمية الانبعاثات الصادرة عنها.

6. سرعة المركبة

تعمل معظم المركبات بكفاءة أعلى في سرعة ثابتة ما بين 80-100كم/ساعة حيث تكون نسبة الانبعاثات أقل ما يمكن.

7. جودة الوقود

تعد جودة الوقود عالية إذا كانت كمية الانبعاثات الصادرة عنه بعد الاحتراق أقل من غيرها في الأنواع الأخرى منه.

8. أحوال الطريق ونظام السير

تعمل الطرق غير الممهدة أو التي تحتاج لصيانة على إتلاف المركبات فضلاً عن زيادة ازدحامها وبالتالي زيادة الانبعاثات لتغير سرعة المركبة. كما أن سوء

تنظيم حركة السير يقود إلى الاختناقات على الطرق مما يسبب الاحتراق غير الكامل للوقود ويضاعف نسبة الانبعاثات كماً ونوعاً.

ثانيا: العوامل غير المباشرة:

وتشمل:

- الظروف المناخية:

سرعة الريح واتجاهها، الأمطار والرطوبة.

- النباتات على جانبي الطرق:

يحدد ارتفاع وكثافة النباتات على جانبي الطريق قدرتها على تنقية الهواء من الملوثات.

- تضاريس الطريق:

تؤثر على تعديل سرعة الريح واتجاهها.

لذا وحتى نحقق نتائج جيدة في تقليص معدل الانبعاثات لغازات الدفيئة يتعين على الحكومة والمؤسسات والأفراد القيام بالأدوار المنوطة بهم.

الإجراءات الوقائية:

1. إجراءات متعلقة بالحكومة:

يعد الحفاظ على صحة الجمهور والبيئة من الملوثات على اختلاف مصادرها من أهم الأدوار المنوطة بالحكومة ممثلة بمؤسساتها المختلفة في شتى

مجالات التنمية وحيث أن وسائل النقل تساهم بنسبة عالية من تلك الملوثات فانه يتعين اتخاذ الإجراءات التالية للحد منها:

- العمل على إنشاء محطات ثابتة ومتحركة لقياس مستوى التلوث من الغازات والجسيمات المنبعثة من وسائل النقل المختلفة وبصورة دورية.
- تحديد معدلات تركيز الانبعاثات "الناجمة عن المركبات" المسموح بها محلياً.
- سن القوانين والتشريعات البيئية الخاصة بتلوث الهواء وتفعيلها في القطاعين العام والخاص.
- تخفيض الضرائب على شراء المركبات الحديثة التي تتميز بكفاءة عالية.
- وضع تعليمات صارمة بشأن المركبات القديمة من ناحية استيرادها وتجديد تراخيصها وصيانتها.
- تفعيل نظام الفحص السنوي للمركبات وإدخال فحص نسبة الغازات العادمة المنبعثة من المركبة.
- تحديد المعايير الخاصة بأنواع الوقود المختلفة المستعملة في المركبات.
- العمل على تخفيض أسعار الوقود ذو الجودة العالية لتشجيع استعماله.
- تشجيع استبدال المصادر المعتادة للوقود بأخرى نظيفة كالغاز الطبيعي.
- تعبيد ورصف الطرق غير المعبدة والعمل على إنشاء شبكة طرق تشمل جميع التجمعات السكنية والصناعية.
- إنشاء شبكة مواصلات عامة منتظمة وفعالة.
- إعادة تشجير المناطق خاصة على جانبي الطرق.
- دعم وتشجيع البرامج التي من شأنها رفع مستوى الوعي لدى المواطنين بخصوص مخاطر زيادة الانبعاثات الناتجة من وسائل النقل محليا وعالميا وتبصيرهم بالفوائد التي تعود عليهم من تقليصها.

2. إجراءات متعلقة بالمؤسسات والجمعيات:

أصبح دور المؤسسات والجمعيات بارزا ومؤثرا على نطاق عالمي في توجيه الرأي العام إلى القضايا الهامة مثل قضية البيئة والمحافظة عليها، والتأثير أيضا على صانعي القرار ولذلك فان تكامل الأدوار وتفعيلها يتطلب القيام بالإجراءات التالية:

- تنفيذ برامج توعية للمواطنين بواسطة وسائل الإعلام بالإضافة إلى الملصقات والنشرات لتوضيح مخاطر زيادة التلوث على البيئة المحلية والعالمية.
- تبني برنامج المدن النظيفة الذي يشجع المواطنين على استخدام البدائل المتاحة مثل المواصلات العامة والدراجات الهوائية والمشي وإظهار الفوائد المالية والصحية التي تعود عليهم من ذلك.
- التوعية بأهمية إعادة التشجير لتنقية الهواء.

فقد أوضحت البحوث العلمية انه يجب زراعة100 شجرة مقابل كل سيارة نقل و10 شجرات مقابل كل سيارة صغيرة علماً بأن بعض الأشجار تقوم بإنتاج أكسجين فقط ولا تنتج اطلاقاً ثاني أكسيد الكربون كما يقوم بعضها بامتصاص بعض المركبات السامة من الهواء فيما يقوم بعضها الآخر بهدمها فضلاً عن قيامها بتصفية الهواء من الملوثات العالقة به بالإضافة إلى دورها الهام في تعديل المناخ إذ تقوم بخفض درجة الحرارة وخفض سرعة تيارات الهواء الصاعدة والهابطة.

- العمل على تغيير أنماط السلوك المجتمعي من حيث قبول ظاهرة ركوب الدراجات من جميع الفئات العمرية والوظيفية والتخلص من الارتباط الشخصي بالسيارة في إنجاز أقصر التنقلات.
- القيام بحملات خاصة للسائقين مثل دورات تدريبية أو توزيع نشرات خاصة تتضمن إرشادات حول أهمية الصيانة الدورية للمركبة واختيار الوقود المناسب وأمور أخرى.

- تشجيع استعمال المركبات التي تتطلب أنواع خاصة من الوقود مثل الغاز المضغوط أو الكهرباء كونها تقلص انبعاثات غازات الدفيئة وتحسن جودة الهواء.
- تشجيع الشركات على تقليص نفقاتها بواسطة استخدام الدراجات الهوائية في التنقلات الفردية القصيرة.
- طرح الأفكار والمشاريع الجديدة التي من شأنها تقليص انبعاث غازات الدفيئة مثل استخدام الشرطة للدراجات الهوائية خصوصا للعناصر المتواجدة في الأماكن المزدحمة كالأسواق أو لأداء مهمات فردية قصيرة.

3. إجراءات متعلقة بالأفراد:

قد نتساءل عن كيفية مساهمة الأفراد في الحد من ظاهرة تسخين الأرض، والإجابة في غاية السهولة إذ أن تغيير بسيط في سلوك وأسلوب حياة الأفراد يؤدي إلى انخفاض هائل في مستوى غازات الدفيئة بالنظر إلى ستة آلاف مليون نسمة هي عدد سكان الأرض حالياً.

ويمكن تلخيص هذه الإجراءات على النحو التالي:

- امنح سيارتك إجازة باستعمال البدائل المتاحة مثل المواصلات العامة أو الدراجة الهوائية أو المشي.
- عند تنظيم مهمات النقل عليك تجميع التنقلات الفردية القصيرة بحيث تغني عن استعمال سيارة لكل مهمة.
- احرص على أن تكون السيارة في حالة جيدة وعجلاتها منفوخة بشكل ملائم.
- عند شراء سيارة جديدة يجب الأخذ في الاعتبار ملاءمتها للحاجة من حيث قدرة المحرك وقلة استهلاك الوقود وألا تكون قديمة.
- يفضل الاكتفاء بأقل عدد من المركبات التي تؤدي الحاجات الشخصية أو المتعلقة بالعمل.
- استخدم الوقود ذو الجودة العالية.

- ساهم في زراعة الأشجار فهي وسيلة فعالة لتقليص نسبة ثاني أكسيد الكربون الذي يعتبر من الانبعاثات الرئيسية من وسائل النقل.
- تحدث مع العائلة والأصدقاء لحثهم على المساهمة في تقليص انبعاثات غازات الدفيئة.

المعايير الوطنية لجودة الهواء:

(National Ambient Air Quality Standards)

المادة (1):

- **الأهداف:**

وضع القيم الحدية لتراكيز الملوثات في الهواء المحيط من أجل درء أو منع أو تخفيف الآثار الضارة على صحة الإنسان خاصة والبيئة بشكل عام.

الحصول على معلومات كافية عن تراكيز الملوثات في الهواء المحيط وضمان أنها معلنة للعامة.

تقييم مستويات تراكيز الملوثات في الهواء المحيط بالمقارنة مع الأسس والمعايير الوطنية لجودة الهواء.

الحفاظ على نوعية الهواء الجيدة في المناطق التي تحقق هذه الأسس والمعايير والسعي لتحسين نوعية الهواء في المناطق التي يكون فيها مستوى التلوث عالياً.

أن تكون هذه المعايير الوطنية بمثابة أداة في أيدي الجهات المختصة والسلطات المعنية وأصحاب القرار لتقييم أداء ومدى فاعلية الإجراءات وخطط العمل التي تهدف إلى الحد من انبعاثات الملوثات إلى الهواء المحيط.

المادة (2):

- تعاريف:

"الهواء المحيط" ويعني الهواء الخارجي ويستثنى منه هواء بيئة العمل.

"جودة الهواء" وتعني نوعية الهواء من حيث محتواه من الملوثات.

"الملوث" ويعني أية مادة أو مركب أو جسم يطرح إلى الهواء المحيط ويمكن أن يكون له آثار ضارة على صحة الإنسان والبيئة.

"تركيز الملوث" ويعني كمية المادة من الملوث الموجودة في واحدة الحجم معبراً عنها بالميكروغرام/متر مكعب من الهواء ($\mu g/m^3$) أو ميليغرام/متر مكعب من الهواء (mg/m^3) أو معبراً عنها بجزء من المليون جزء – حجم/حجم (Parts per million, ppm-V/V).

"مستوى التلوث" ويعني تراكيز الملوث في الهواء المحيط خلال زمن معين.

"زمن التعرض" ويعني الفترة الزمنية للتعرض لتركيز الملوث معبراً عنها بالدقائق أو الساعة أو اليوم أو السنة.

"تقييم مستوى التلوث" ويعني أية طريقة أو وسيلة تستخدم لقياس أو حساب أو تقدير مستوى الملوث في الهواء المحيط.

"القيمة الحدية" وتعني تركيز الملوث الموضوع على أساس المعرفة العلمية وبشكل يهدف إلى درء أو منع أو تخفيض الآثار الضارة على صحة الإنسان والبيئة.

"هامش التحمل" ويعني النسبة المئوية من القيمة الحدية التي يمكن تجاوزها ولعدد محدود من المرات خلال زمن معين.

"عتبة الإنذار" وتعني مستوى التلوث الذي إذا تم تجاوزه فسوف يشكل خطورة على صحة الإنسان وبالتالي لابد من اتخاذ التدابير والخطوات اللازمة لتخفيض مستوى التلوث.

المادة (3):

- **القائمة الأولية للمعايير الوطنية لجودة الهواء (والتي يمكن مستقبلاً إضافة ملوثات جديدة لهذه القائمة):**

- ثاني أكسيد الكبريت (SO_2).
- أكاسيد الأزوت NOx (أحادي وثنائي أكسيد الأزوت NO وNO_2).
- أول أكسيد الكربون (CO).
- الأوزون (O_3).
- الرصاص (Pb).
- الغبار والعوالق الكلية (Total Suspended Particulate, TSP).
- الغبار والعوالق القابلة للاستنشاق (Respirable Suspended Particulate).
- البنزن (C_6H_6).
- المركبات العضوية متعددة النوى العطرية (Poly-Aromatic Hydrocarbons, PAH) ممثلة بمركب بنزوبيرين (Benzo[a]pyrene).

المادة (4):

- جداول المعايير الوطنية لملوثات الهواء:

ثاني أوكسيد الكبريت (SO_2):

فترة التعرض Averaging Period	القيمة الحدية Limit value		عدد التجاوزات المسموح بها Number of exceedances	هامش التحمل Margin of tolerance
	$\mu g/m^3$	ppm		
10 دقائق	500	0.188	لا يوجد	لا يوجد
1 ساعة	350	0.132	24 مرة في السنة	43٪ من القيمة الحدية ($150\ \mu g/m^3$)
24 ساعة	125	0.047	3 مرات في السنة	لا يوجد
سنة	50	0.019	لا يوجد	لا يوجد

ملاحظة: $500\ \mu g/m^3$ هي عتبة الإنذار لثاني أوكسيد الكبريت على أن تقاس خلال ثلاثة ساعات متتالية.

ثنائي أوكسيد الأزوت (NO_2):

فترة التعرض Averaging period	القيمة الحدية Limit value		عدد التجاوزات المسموح بها Number of exceedances	هامش التحمل Margin of tolerance
	$\mu g/m^3$	ppm		
1 ساعة	200	0.105	18 مرة في السنة	50٪ من القيمة الحدية ($100\ \mu g/m^3$)
سنة	40	0.021	لا يوجد	50٪ من القيمة الحدية ($20\ \mu g/m^3$)

ملاحظة: $400\ \mu g/m^3$ هـي عتبـة الإنـذار لثنـائي أوكسيد الأزوت علـى أن تقاس خلال ثلاثة ساعات متتالية.

الأوزون (O_3):

فترة التعرض Averaging period	القيمة الحدية Limit value	
	$\mu g/m^3$	Ppm
1 ساعة	160	0.08
8 ساعات	120	0.06

أول أوكسيد الكربون (CO):

فترة التعرض **Averaging period**	القيمة الحدية **Limit value**	
	mg/m^3	**Ppm**
30 دقيقة	60	51.5
1 ساعة	30	25.8
8 ساعات	10	8.6

الرصاص (Pb):

فترة التعرض Averaging period	القيمة الحدية Limit value $\mu g/m^3$
متوسط سنوي	1

العوالق الكلية (TSP):

فترة التعرض Averaging period	القيمة الحدية Limit value $\mu g/m^3$
متوسط يومي 24 ساعة	240
متوسط سنوي	150

العوالق القابلة للاستنشاق (PM_{10}):

فترة التعرض Averaging period	القيمة الحدية Limit value $\mu g/m^3$
متوسط يومي 24 ساعة	100
متوسط سنوي	50

البنزن (Benzene, C_6H_6):

فترة التعرض Averaging period	القيمة الحدية Limit value $\mu g/m^3$
متوسط سنوي	20

المركبات العضوية متعددة النوى العطرية ممثلة بمركب بنزوبيرين (Benzo[a]pyrene):

فترة التعرض Averaging period	القيمة الحدية Limit value نانوغرام/متر مكعب (ng/m^3)
متوسط سنوي	1

الحدود القصوى والمسموح بها لمؤشرات تلوث الهواء عند المصدر:

The maximum emission limits of air pollution parameters at source:

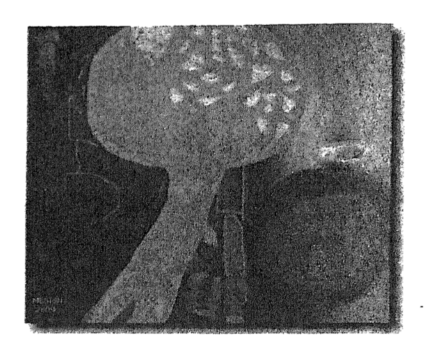
الحد الأقصى * Max limit	الوحدة Unit	الرمز code	الملوث pollutant	
500 – 250	ملليجرام/متر مكعب (mg/m^3)	CO	أول اكسيد الكربون	1
3000 –300	ملليجرام/متر مكعب (mg/m^3)	NO_x	أكاسيد النيتروجين	2
3000 –1000	ملليجرام/متر مكعب (mg/m^3)	SO_2	ثاني أكسيد الكبريت	3
150 –50	ملليجرام/متر مكعب (mg/m^3)	SO3	ثالث أكسيد الكبريت	4
200 –50	ملليجرام/متر مكعب (mg/m^3)	TSP	الجسيمات العالقة الكلية	5
20 –2	ملليجرام/متر مكعب (mg/m^3)	Pb	الرصاص	6
10 –1	ملليجرام/متر مكعب (mg/m^3)	Sb	أنتيمون ومركباته	7
10 –1	ملليجرام/متر مكعب (mg/m^3)	As	زرنيخ ومركباته	8
5 –1	ملليجرام/متر مكعب (mg/m^3)	Cd	كادميوم ومركباته	9
20 –5	ملليجرام/متر مكعب (mg/m^3)	Cu	نحاس ومركباته	10
5 –0.5	ملليجرام/متر مكعب (mg/m^3)	Hg	زئبق ومركباته	11

الحد الأقصى * Max limit	الوحدة Unit	الرمز code	الملوث pollutant	
5–1	ملليجرام/متر مكعب (mg/m^3)	Ni	نيكل ومركباته	12
20–5	ملليجرام/متر مكعب (mg/m^3)	Total value for heavy metals**	مجمــــوع العناصـــر الثقيلة ❖❖	13
10–5	ملليجرام/متر مكعب (mg/m^3)	H_2S	كبريتيد الهيدروجين	14
20–5	ملليجرام/متر مكعب (mg/m^3)	CL_2	كلور	15
100–10	ملليجرام/متر مكعب (mg/m^3)	HCL	كلوريد الهيدورجين	16
20–1	ملليجرام/متر مكعب (mg/m^3)	F	فلور ومركباته	17
20–2	ملليجرام/متر مكعب (mg/m^3)	CH_2O	فورما لدهيد	18
250–50	ملليجرام/متر مكعب (mg/m^3)	C	كربون	19
10	ملليجرام/متر مكعب (mg/m^3)	SiF_4	فلوريد السيلكون	20
20–5	ملليجرام/متر مكعب (mg/m^3)	NH_3	الأمونيا	21

❖ الرقم الأقل هو الحد الأقصى للانبعاثات بشكل عام والرقم الأعلى هو الحد الأقصى لبعض الصناعات (مثل الصناعات المنتجة للمادة).

❖❖ المعادن الثقيلة تتضمن كل من: الرصاص– الانتيمون ومركباته– الزرنيخ ومركباته – الكادميوم ومركباته – الكروم – النحاس ومركباته– الزئبق ومركباته– النيكل ومركباته.

دور القانون الدولي في حماية الغلاف الجوي من التلوث:



المقدمة:

إن مشكلة التلوث البيئي ليست مشكلة جديدة أو طارئة بالنسبة للأرض، وإنما الجديد فيها هو زيادة شدة التلوث كماً وكيفاً في عصرنا الحاضر مما أثر بدوره على الغلاف الجوي المحيط بالكرة الأرضية مما ينذر بعواقب وخيمة على المستقبل البيئي لكوكب الأرض وبالتالي على مستقبل الأجيال المقبلة.

لذا باتت مشكلة التلوث البيئي تشغل فكر العلماء والباحثين والعقلاء وتقض مضاجعهم، فبدءوا يدقون نواقيس الخطر، ويدعون لوقف أو الحد من هذا التلوث الذي تتعرض له البيئة نتيجة للنهضة الصناعية والتقدم التكنولوجي في هذا العصر، فالتلوث مشكلة عالمية، لا تعترف بالحدود السياسية لذلك حظيت باهتمام دولي لأنها فرضت نفسها فرضاً، ولأن التصدي لها يجاوز حدود وإمكانيات التحرك الفردي لمواجهة هذا الخطر المخيف، والحق أن الأخطار البيئية لا تقل خطراً عن النزاعات والحروب والأمراض الفتاكة إن لم تزد عليها.

والغلاف الجوي هو احد المشتركات العالمية ويعرف بأنه كتلة من الغازات التي تحيط بالكرة الأرضية، ويقع خارج حدود الولاية الإقليمية الوطنية لأية دولة ولا يمكن لأي من الدول أن تدعي ملكيته او فرض السيادة عليه، إلا انه يمكن لجميع الدول استخدامه لإغراضها السلمية المشروعة.

وصفة الاشتراك العالمي للغلاف الجوي تفرض على جميع الدول الإسهام بحمايته من التلوث الذي يصيبه نتيجة نشاطاتها الصناعية المؤثرة سلبا على فاعليته، كون للغلاف الجوي وظائف مهمة جدا، منها امتصاص الغازات التي تسبب التغيرات العالمية ويعمل كذلك على توازن درجات الحرارة في الأرض إذ لولا هذا الغلاف الجوي لاحترقت الأرض من شدة الحرارة في النهار ولتجمدت ليلاً.

ويعمل كذلك بمثابة درع يقي الأرض من الأشعة فوق البنفسجية القادمة من الشمس ويمنع نفاذها كلها، ولكن يسمح بمرور النسب والتراكيز المطلوبة فعلا ويمتص الزائد منها، وهذه الوظيفة تقوم بها طبقة الأوزون التي تشكل الطبقة الثانية من طبقات الغلاف الجوي.

وفي الأونة الأخيرة بدأت الدراسات تأخذ اهتماما واسعا بهذا الموضوع، وكذلك الفكر القانوني صار يهتم بقضايا البيئة ويأخذها مأخذ الجد، وظهرت العديد من المؤلفات والبحوث والدراسات، وعقدت عدة مؤتمرات ووقعت الكثير من الاتفاقيات التي تعالج هذا الموضوع، ومشكلة التلوث عموماً قد أخذت حيزاً من الاهتمام الدولي بسبب بعدها العالمي ومخاطرها التي وصلت إلى التأثير على الغلاف الجوي المحيط بالأرض خاصة بعد التوسع الهائل في الصناعة والذي بدأ بعد الحرب العالمية الثانية حيث جاءت هذه الصناعة دون إعارة لأهمية البيئة واحترامها وهذا ما انتقل بالمشاكل البيئية المحلية إلى مشاكل إقليمية وعالمية ايضاً، وهذا الأمر أدى إلى ظهور المشاكل البيئية ليس فقط في الدول المسببة للتلوث وإنما في دول أخرى لا علاقة لها بهذه الملوثات البيئية الخطيرة، وهذا يعني أن التلوث بدأ يؤثر على المجتمع الدولي والإنساني بأكمله.

ونتيجة للوعي العالمي وإدراك مؤسسات المجتمع الدولي من دول ومنظمات وغيرها للمخاطر التي تنجم في حال عدم التعاون المشترك للحد من تلوث الغلاف الجوي، فقد عقدت المؤتمرات وأبرمت الاتفاقيات والمعاهدات التي تسهم بشكل أو بآخر في الحد من هذه الظاهرة الخطيرة.

القسم الأول:

دور القانون الدولي في حماية الغلاف الجوي من التلوث بوجه عام:

أولا:

الطبيعة القانونية للغلاف الجوي وأسباب تلوثه:

إن الأهمية البالغة للغلاف الجوي والمتمثلة بوظائفه التي يقوم بها تجعل الاهتمام الدولي به أمراً لازماً، كونه يعتبر الدرع الواقي للأرض وأحد أسرار استمرار الحياة عليها، حيث أن أي تغيير يطرأ في مكونات هذا الغلاف ستكون له عواقب وخيمة سواء على البيئة بصورة عامة أو على اقتصاديات الدول بصورة خاصة.

ويتعين هنا أن نكشف عن طبيعة هذا الغلاف الجوي من الناحية القانونية الدولية وما هي الأسباب التي تؤدي إلى تلوثه بالصورة التي تضر بمكوناته الأساسية مما ينعكس بالضرر على الحياة في هذه الأرض.

المبحث الأول:

الطبيعة القانونية للغلاف الجوي

تمتد سيادة الدولة على إقليمها بالإضافة إلى عنصري البر والبحر إلى عنصر ثالث هو عنصر الجو الذي يعلو هذين الإقليمين الخاضعين لسيادة الدولة.

ومما تجدر إليه الإشارة أن الاهتمام الدولي بعنصر الجو لم يبدأ إلا في مطلع القرن العشرين وذلك على اثر محاولات الطيران الأولى حيث اهتم الفقهاء بدراسة الوضع القانوني للجو لوضع لتحديد ما يكون للدولة عليه من سلطان.

ولكن هل أن للدولة سلطة مطلقة في فرض سيادتها على الجو الذي يعلو إقليمها البري وإقليمها البحري، أم أن هناك مدى محدد من العلو يمكن للدولة أن تدعي سيادتها عليه؟

وللإجابة على هذه الأسئلة لابد أولا من القول بأن إقليم الدولة الجوي ينقسم إلى منطقتين، الأولى تخضع لسيادة الدولة الوطنية وتسمى المجال الجوي (Airspace) والثانية تقع خارج الولاية الوطنية لأية دولة وتسمى الفضاء الخارجي (Outer space)، وان الحدود الفاصلة مابين هاتين الطبقتين لا تزال غير محددة لغاية الآن، فلا يعرف من الناحية القانونية في الأقل أين ينتهي المجال الجوي وأين يبدأ الفضاء الخارجي.

وقد ذهبت آراء الفقهاء إلى عدة اتجاهات في تحديد طبيعة حق الدولة على طبقات الجو التي تعلو إقليمها لعل من أهمها:

الاتجاه الأول:

يرى هذا الاتجاه بأن سيادة الدولة تمتد إلى الفضاء الذي يعلو إقليمها، ويبررون ذلك بأنه لا يمكن الانتفاع بالأرض أو الحياة بغير الجو، ونادى به الفقيه ماكمهون، غير أن هذا الاتجاه يعتبر مبالغا فيه إلى حد بعيد.

ويضيف أصحاب هذا الاتجاه بأنه لا حاجة لوضع حدود تفصل ما بين المجال الجوي والفضاء الخارجي، وهناك من يؤكد بأن الغلاف الجوي هو جزء لا ينفصل عن سطح الأرض كون الحياة بدونه غير ممكنة ومن ثم فأن نظامه

القانوني يجب أن يتحدد بما يتناسب والنظام القانوني لسطح الأرض الذي يغطيه وفقا لقاعدة التابع يتبع المتبوع.

ووفقاً لهذا الاتجاه يكون للدولة السلطة الكاملة في السماح لغيرها من الدول بالمرور في اجوائها من عدمه وذلك حسبما ورد في اتفاقية شيكاغو لعام 1949 والخاصة بالنظام الجوي الدولي حيث نصت على ان "تعترف الدول المتعاقدة بأن لكل دولة السيادة الكاملة والخالصة على مجالها الجوي الذي يعلو إقليمها" ولكن يتبين من هذا النص انه ذكر المجال الجوي تحديداً وأخضعه لسيادة الدولة دون الفضاء الخارجي، والمجال الجوي هنا هو الحيز الذي توجد فيه قوة رد الفعل المساعدة على الطيران.

لقد انتقد هذا الاتجاه بالقول انه لا يصمد أمام الاكتشافات الحديثة في مجال الفضاء فضلا عن كونه لا يتفق وضرورات التعامل الدولي.

الاتجاه الثاني:

أما أصحاب هذا الاتجاه فيرون بأنه ليس للدولة أية سيادة على الهواء الذي يعلو إقليمها والهواء شأنه شأن البحر العام الذي لا يخضع لسيادة الدول، ويبرر هؤلاء رأيهم بأن الدول لا قبل لها بالسيطرة على الهواء وبالتالي لا يمكنها ممارسة أي نوع من السيادة عليه.

وانتقد الفقه الأنكلوسكسوني هذا الاتجاه كونه يهدد السلامة الإقليمية للدولة التي تأخذ به.

الاتجاه الثالث:

قسم أصحاب هذا الاتجاه الفضاء المحيط بالأرض إلى ثلاثة مناطق هي، النطاق الجوي، والمنطقة المجاورة التي ترتفع إلى 300 ميل فوق سطح البحر والتي يسمح للطائرات غير الحربية بالمرور عبرها، والمنطقة الثالثة هي الفضاء الخارجي.

وان الأخـذ بهـذا الاتجـاه سيؤدي إلى دخـول جـزء مـن الغلاف الجـوي ضـمـن سيادة الدولة، وتحديدا طبقتي الغلاف الجوي المهمتين الستراتوسفير والتربوسفير وجزء من طبقة الميزوسفير وما عداها يكون ضمن الفضاء الخارجي وبالتالي يخرج من سيادة الدولة.

وهناك بعض المعايير التي يتحدد من خلالها الحد الذي يعتبر فيه الغلاف الجوي جزء من المشتركات العالمية، وهذه المعايير هي:

المعيار الأول/ حدد أصحاب هذا المعيار المجال الجوي الذي يمكن للدولة أن تدعي سيادتها عليه بارتفاع 47 ميلاً وما يعلوه يكون خارج سلطان الدولة، وهذا هو الارتفاع الذي يمكن للطائرات أن تصل إليه.

ووفقـا لهـذا المعيـار، تـدخل طبقـة التربوسـفير (ترتفـع 11 كـم) وطبقـة الستراتوسفير (ترتفـع 50 كـم) ضـمن سـيادة الدولـة الإقليميـة الوطنيـة وبالتـالي خروجهما من نطاق المشتركات العالمية (Global Commons).

المعيار الثاني/ يعتقد أصحاب هذا المعيار أن المجال الجوي هو ذاته الغلاف الجوي وهو مرادف له ويمكن للدولة وفقا لهذا المعيار أن تدعي بالسيادة على الهواء إلى حد 10000 ميل فوق إقليمها.

ولكـن الأخـذ بهـذا المعيـار سـيجعل الغـلاف الجـوي داخـلا ضـمن السـيادة الإقليميـة للدولـة وخـارج عـن نطـاق المشـتركات العالميـة باسـتثناء القـدر الـذي يعلـو البحر العام والقارة القطبية الجنوبية كونهما من المشتركات العالمية.

المعيار الثالث/ ذهب أصحاب هذا المعيار إلى أن سيادة الدولة على إقليمها الجوي تمتد إلى مسافة 75 ميلاً فوق سطح البحر، وقسموا هذا الارتفاع على منطقتين، ترتفع المنطقة الأولى لغاية 25 ميلاً وتخضع لسيادة الدولة المطلقة،

وترتفع الثانية حتى 75 ميلاً فوق سطح البحر وتكون خاضعة لسيادة مقيدة وذلك بضرورة السماح للأجهزة الفضائية بالمرور عبرها.

ووفقا لهذا المعيار ستقع طبقة التربوسفير وجزء من طبقة الستراتوسفير ضمن حدود السيادة الإقليمية للدولة.

وفي الواقع، لا يمكن الأخذ بأي من المعايير أعلاه كون ذلك سيجعل من الغلاف الجوي بأكمله أو جزء منه ضمن يقع ضمن السيادة الإقليمية للدولة وهذا لا يمكن قبوله.

فالغلاف الجوي هو عبارة عن مجموعة من الغازات، أو هو الهواء نفسه، والهواء بحكم طبيعته لا يمكن اعتباره جزءً من إقليم أية دولة، كون الهواء لا يعرف معنى للحدود السياسية ولا يتحدد بحدود، فالهواء ينتقل من إقليم دولة إلى أخرى دون أن تستطيع أي دولة أن تسيطر على هذا الانتقال أو توقفه أن تحد منه.

كما كان هناك دور واضح من قبل اللجنة الدولية للاستخدامات السلمية للفضاء الخارجي، حيث أقرت هذه اللجنة بالضرورات العملية التي تقتضي أن تكون هناك حدود بين المجال الجوي والفضاء الخارجي. إضافة إلى إن هذه اللجنة اكدت بأن هذا التحديد ليس بالضرورة أن تكون له علاقة بموضوع الغلاف الجوي والمشاكل المتصلة به، بل لغرض توضيح اللبس والغموض فيما يعتبر خرقا لسيادة الدولة أم لا يعتبر كذلك.

لقد اجمع غالبية الفقهاء على أن الهواء يعتبر من الموارد الطبيعية الدولية التي لا يجوز إخضاعها للسيادة الوطنية، كون المسائل المتعلقة بالغلاف الجوي تثير مشاكل دولية ذات طبيعة عالمية لا يمكن المساس بها، ولو أصبح الغلاف الجوي ضمن سلطة الدولة وخاضعا لسيادتها الإقليمية فأن ذلك يؤدي إلى عجز القانون الدولي من التدخل لتنظيم هذا الموضوع المهم بسبب تمسك الدول بسيادتها الإقليمية وعدم السماح لغيرها في التدخل بشؤونها.

وقد تم اعتماد هذا المفهوم عند صياغة مبادئ التعاون الدولي في مجال التأثير بالطقس عام 1980 من قبل خبراء برنامج الأمم المتحدة للبيئة ومنظمة الأرصاد الجوية من أن "الغلاف الجوي يعد مورداً طبيعيا". كما طرح مفهوم "الإرث الشائع للإنسانية" عند إعداد مشروع المبادئ المتعلقة بالطقس في الأمم المتحدة من قبل برنامج الأمم المتحدة للبيئة في المبدأ الأول الذي ينص على (إن الغلاف الجوي جزءا من الإرث الإنساني الشائع) غير أن هذا النص لم يعتمد في الصيغة النهائية للمشروع.

يقول البروفسور الفريد بان "لا يمكن لأية دولة الإدعاء بملكية الغلاف الجوي، فأن الدول في حقيقة الأمر تساهم جميعها بالإضرار به من خلال زيادة تراكيز الغازات فيه والتي تؤدي إلى تغير المناخ واستنفاد طبقة الأوزون، إذ أن مثل هذه القضايا تسمح بالنظر إلى الغلاف الجوي كتراث مشترك للإنسانية" كما إن هناك من يصف طبقة الأوزون بالتراث المشترك للإنسانية بالاعتماد على وظيفتها المتمثلة بمنع الأشعة فوق البنفسجية من النفاذ إلى الأرض.

إن الغرض من تطبيق مفهوم التراث المشترك للإنسانية هو محاولة لتطوير التنظيم الدولي في المشتركات العالمية، وهناك من نادى بهذا المفهوم ليشمل به الغلاف الجوي ايضا بوصفه من المشتركات الإنسانية، غير انه برغم ذلك فان هذا المفهوم لم يلق قبولا واسعا في نطاق الغلاف الجوي، وسوغ أصحاب هذا الرأي ذلك بأن النشاطات ذات التأثير في الغلاف الجوي تكون خاضعة لسيادة كل دولة وتنفذ في إقليمها الذي يخضع لسيادتها وحدها، في حين أن تطبيق مفهوم التراث المشترك للإنسانية قد برز ليطبق على الموارد الطبيعية وثرواتها الموجودة في المناطق الواقعة خارج نطاق حدود السيادة أو الولاية الوطنية لكل دولة.

بينما يرى الأستاذ ألن بويل أن التعامل مع الغلاف الجوي كمشترك عالمي هو غير مناسب، وذلك لأن الغلاف الجوي هو حيز ضروري لكل من سيادة الدولة على مجالها الجوي والملكية المشتركة، فيرى أنه لا يوجد تشابه بين أعالي البحار

كمشترك عالمي وبين الغلاف الجوي، وفي الوقت نفسه يرى بويل بأنه لا يمكن النظر إلى الغلاف الجوي كملكية مشتركة بالمعنى العادي المقبول للمناطق التي تقع خارج حدود الولاية الوطنية للدولة.

ومهما يكن من أمر، فليس هناك أي اتفاق في نطاق القانون الدولي حول اعتبار الغلاف الجوي هو مشترك عالمي، بل ولا يوجد اعتراف واضح من القانون الدولي بذلك. ولكن بالإمكان الاستناد في ذلك على القانون الدولي العرفي.

حيث تم قبول قرار الحكم الصادر من محكمة التحكيم في قضية مصهر تريل بشكل واسع والذي جاء فيه '((لا يمكن لأية دولة ان تستخدم أو أن تسمح باستخدام إقليمها بالطريقة التي تسبب الإضرار بالدول الأخرى)). وقد ورد نص مشابه لمضمون هذه القاعدة في المبدأ الحادي والعشرين من إعلان استوكهولم لعام 1972 والذي نص على "للدول وفقا لميثاق الأمم المتحدة ومبادئ القانون الدولي، الحق السيادي في استغلال مصادرها الخاصة، وعليها مسؤولية التأكد من أن الأنشطة التي تمارس تحت ولايتها أو رقابتها لا تسبب ضررا للبيئة في دول أخرى أو في مناطق خارج حدود الولاية الوطنية".

كما أعيد صياغة هذا المبدأ مرة أخرى في إعلان ريو دي جانيرو عام 1992 حول البيئة والتنمية وذلك في المبدأ الثاني، فالقاعدة بهذا الشكل بدأت تشكل جزءا من القانون الدولي العرفي.

فضلا عن ذلك، فقد اثبتت الاتفاقيات الدولية المتعلقة بالسيطرة على تلوث الهواء العابر للحدود البعيد المدى والبروتوكولات الملحقة بها على إن بيئة الغلاف الجوي ليست خاصة بالدول الأطراف في الاتفاقية، بل هي مشترك عالمي. كما أن اتفاقية فينا لعام 1985 والمتعلقة بحماية طبقة الأوزون وبروتوكول مونتريال لعام 1987 وتعديلاته اكدت على (سواء امتدت سيادة الدولة على مجالها الجوي أو لم تمتد في طبقة الأوزون، وبعبارة أخرى، سواء كانت طبقة الأوزون

هي مشترك عالمي أو جزء منه فأن هذا ليس له علاقة بعالمية الغلاف الجوي حقيقة. حيث أن الإتفاقية والبروتوكول الملحق بها قد تعاملت مع طبقة الأوزون كوحدة واحدة، أي ليست هناك محاولة لفصل الجزء الخارجي من طبقة الأوزون الذي لا يقع تحت سيادة الدولة وبين الجزء الذي يقع ضمن حدود سيادتها). كما نصت اتفاقية تغير المناخ لعام 1992 في ديباجتها على أن تغير المناخ هو (اهتمام مشترك للإنسانية)، وأقرت في الفقرة الخامسة من الديباجة (إن طبيعة المناخ تدعو إلى التعاون الواسع والمحتمل من قبل جميع الدول ومشاركتها الفعالة في تحديد الاستجابة الدولية)، وأعادت في الفقرة الثامنة الدعوة إلى المبدأ الحادي والعشرين من إعلان استوكهولم لعام 1972 والمبدأ الثاني من إعلان ريو لعام 1992 اللذان يوازنان بين سيادة الدولة ومسؤوليتها في نطاق البيئة، وبهذا فان هذه اتفاقية تغير المناخ لعام 1992 لم تميز بين المناطق الواقعة ضمن ولاية الدولة من الغلاف الجوي والتي لا تقع ضمن ولايتها.

وورد في التوصيات المقدمة من مجلس الكنائس العالمي إلى مؤتمر الأطراف السادس لاتفاقية تغير المناخ عام 2000 من أن "الغلاف الجوي هو الذي يحيط بالكرة الأرضية، يغذيها ويحميها، وهو يخص جميع البشر ويشتركون فيه اليوم وفي المستقبل، وانه لا يمكن السماح لأية قوة سياسية أو اقتصادية الإضرار به أو الادعاء بملكيته"، وجاء فيها ايضا "إننا نفهم أن الغلاف الجوي هو جزء من خلق الله ومن ثم فان الاهتمام به وحمايته تكون بالمشاركة من قبل الجميع".

ومما تقدم، يمكن القول بأن الغلاف الجوي هو جزء من المشتركات العالمية التي تهم المجتمع الدولي ككل والذي يجب أن ينظر إليه شأنه شأن أعالي البحار والفضاء الخارجي، كونه يحمي الجميع ووجوده يضمن لهم استمرار الحياة والعيش على هذه الأرض. ونظراً لما له من دور كبير وفعال وما يمارسه من وظائف مهمة، فأن الاهتمام به من مسؤولية الجميع ومن ثم يجب أن ينظر إليه كمشترك عالمي وإنساني.

المبحث الثاني:

أسباب تلوث الغلاف الجوي:

إن مشكلة تلوث الغلاف الجوي باتت من المشاكل الرئيسة التي تواجه المجتمع الدولي بأسره، وذلك لما لهذه الظاهرة من آثار خطيرة على البيئة والإنسان لا يمكن تجاهلها.

فما هو التلوث وما أسبابه؟ هذه مسائل سيتم بحثها في المطلبين الآتيين:-

تعريف التلوث:

بصورة عامة، يمكن اعتبار التلوث بأنه كل ما يؤثر في جميع العناصر البيئية بما فيها من نبات وحيوان وإنسان، وكذلك كل ما يؤثر في تركيب العناصر الطبيعية غير الحية مثل الهواء والتربة والبحيرات والبحار وغيرها. وأصبح تلوث البيئة ظاهرة يشعر بها الجميع فلم تعد البيئة قادرة على تجديد مواردها الطبيعية وأختل التوازن بين عناصرها المختلفة، ولم تعد هذه العناصر قادرة على تحليل مخلفات الإنسان أو استهلاك النفايات الناتجة من نشاطاته المختلفة، وأصبح جو المدن ملوثا بالدخان المتصاعد من عوادم السيارات وبالغازات المتصاعدة من مداخن المصانع ومحطات القوى، والتربة الزراعية قد تلوثت نتيجة الاستعمال المكثف للمخصبات الزراعية والمبيدات الحشرية، وحتى الكائنات الحية لم تخل من هذا التلوث.

كذلك أدى التقدم في الصناعة الهائل الذي صحب الثورة الصناعية إلى إحداث ضغط هائل على كثير من الموارد الطبيعية، خصوصا تلك الموارد غير المتجددة مثل الفحم وزيت البترول وبعض الخامات المعدنية والمياه الجوفية، وهي الموارد الطبيعية التي احتاج تكوينها إلى انقضاء عصور جيولوجية طويلة ولا يمكن تعويضها في حياة الإنسان.

ولقد صحب هذا التقدم الصناعي الهائل الذي أحرزه الإنسان ظهور أصناف جديدة من المواد الكيميائية لم تكن تعرفها البيئة من قبل، فتصاعدت بعض الغازات الضارة من مداخن المصانع ولوثت الهواء وألقت هذه المصانع بمخلفاتها الكيميائية السامة في البحيرات والأنهار.

وقد أسرف الناس في استخدام المبيدات الحشرية ومبيدات الآفات والمخصبات الزراعية، وأدى كل ذلك إلى تلويث البيئة بكل صورها، فتلوث الهواء وتلوث الماء وتلوثت التربة واستهلكت، وأصبحت بعض الأراضي الزراعية غير قادرة على الإنتاج، كذلك ازدادت مساحة الأراضي التي جردت من الأحراش والغابات، وارتفعت أعداد الحيوانات والنباتات التي تنقرض أو تنفق كل عام، كما ارتفعت نسبة الأنهار والبحيرات التي فقدت كل ما بها من كائنات حية وتحولت إلى مستنقعات.

ويمكن تشبيه بعض المدن الصناعية الكبرى مثل طوكيو ونيويورك ولندن وباريس والقاهرة... إلخ بالبراكين الثائرة، حيث يقذف سكان تلك المدن وآلاتهم ومصانعهم ومركباتهم بمئات الآلاف من الأطنان من الغازات السامة والأتربة وعوادم السيارات والمصانع إلى الهواء الجوي، وتكون هذه الغازات والأتربة غلالة أو سحابة رمادية أو زرقاء اللون تغطي تلك المدن. وتزحف هذه السحب السوداء فوق القارات بفعل تيارات الهواء لتلوث مناطق أخرى.

وقد برزت مشكلة التلوث وتعاظم خطرها مع تقدم الصناعة واستخدام الآلات الحديثة وأسلحة الحرب المدمرة على نطاق واسع، وكانت الدول الصناعية الكبرى سباقة إلى اكتشاف المشكلة ومخاطرها والبحث عن الحلول المناسبة لمعالجتها، كما كانت سباقة في إحداث التلوث والإخلال بالتوازن البيئي. ومع التزايد المستمر في عدد سكان العالم تتفاقم مشكلة التلوث وتتضخم مخاطرها ويتحتم البحث عن حلول جذرية لحماية البشرية من كوارث محققة.

وأول ما يمكن ملاحظته هو أن هذا التلوث أدى إلى حدوث انقلاب خطير في النظام الكوني، حيث اختلطت الفصول فلا يعرف الصيف من الشتاء أو الخريف أو

الربيع، وذلك بسبب التزايد المستمر لغاز ثاني اكسيد الكربون، وهو السبب أيضاً في تحريك الكتل الهوائية المحيطة بالكرة الأرضية وهبوب العواصف وحلول كثير من الكوارث الطبيعية، كهطول الأمطار حول الكرة الأرضية وحدوث الفيضانات وانحسار حزام الأمطار حول الكرة الأرضية عن أماكن أخرى فيصيبها الجفاف.

ومن الجدير بالذكر انه ليس الإنسان فقط هو من يسبب تلوث البيئة نتيجة لقيامه بنشاطاته، إذ أن للكوارث الطبيعية دوراً في تلويث البيئة ايضا وقد يكون ضررها أشد من فعل الإنسان.

عليه، يرى البعض بأن وضع تعريفا عاما للتلوث يجابه بصعوبات على أساس أن للتلوث مصادر متعددة وأنواعا مختلفة، غير انه بالإمكان إيجاد تعريف عام حول مختلف أنواع التلوث والطرق التي ينجم عنها.

حيث عرف التلوث في مؤتمر استوكهولم للبيئة البشرية لعام 1972 بأنه:

"أي خلل في أنظمة الماء والهواء أو الغذاء يؤثر بشكل مباشر او غير مباشر على الكائنات الحية ويلحق ضررا بالممتلكات الاقتصادية "

وهناك تعريف آخر: "هو كل ما يؤدي، نتيجة التكنولوجيات المستخدمة، إلى إضافة مادة غريبة الى الهواء أو الماء أو الغلاف الجوي الأرضي بشكل كمي يؤثر على نوعية الموارد ويفقدها خواصها وعدم ملائمة استخدامها".

ولكن يمكن إعطاء تعريف عام عن التلوث بأنه:

"التغير السلبي الذي يطرأ على احد مكونات الوسط البيئي الذي ينتج كلا أو جزءا عن النشاط البشري الحيوي أو الصناعي، وذلك بالمقارنة مع الوضع الطبيعي الذي كان سائدا قبل تدخل الإنسان. إذ يمكن لهذه التغيرات أن تؤثر مباشرة أوبشكل غير مباشر على التوازن البيئي وذلك عن طريق الطعام والهواء والماء والمنتجات الزراعية المختلفة".

أسباب التلوث:

إن أهـم المشـاكل الـتي يعانيهـا الغـلاف الجـوي والـتي تمثـل تهديـدا للبيئـة والحياة على الأرض تتمثل بصورة رئيسية في استنفاد طبقة الأوزون من خلال إطلاق مركبات الكلوروفلوروكاربون الرئيس لاستنفاد طبقة الأوزون، إضافة إلى أن مشكلة تغير المنـاخ والاحتبـاس الحـراري الحاصـل اليـوم يمثـل المشـكلة الثانيـة الـتي تواجـه الغـلاف الجـوي مـن خـلال زيـادة تراكيـز الغـازات الدفيئـة Greenhouse Gas في الغـلاف الجـوي مثـل غـاز ثـاني اوكسـيد الكربـون والميثـان، وتعـرف الغـازات الدفيئـة بأنها:

"تلـك المكونـات الغازيـة الموجـودة في الغـلاف الجـوي سـواء كانـت طبيعيـة المنشأ أو بشرية، التي تمتص وتبعث بالإشعاع في أطوال موجية معينـة في نطاق طيـف الأشعة تحت الحمـراء الـتي تنبعـث من سـطح الأرض والغـلاف الجـوي والسـحب، وان هذه الخاصية هي التي تسبب ظاهرة الاحتباس الحراري".

وأهم أسباب تلوث الغلاف الجوي هي تلك الملوثات الـتي تنبعـث مـن المصـادر الصناعية بسبب احتراق الوقود من فحم أو نفط أو غاز، ونتيجة لزيادة تراكيـز هـذه الغـازات في الغـلاف الجـوي فأنهـا تسـبب الإضـرار بـه، حيـث كـان مـن نتيجـة هـذه الانبعاثات الخطيرة هطول الأمطار الحامضية وإستنفاد طبقة الأوزون وتغير المناخ.

وتتمثل هذه الملوثات في الآتي:-

اولاً:

أكاسيد النتروز NOX:

تنبعث هذه الاكاسيد نتيجة لاحتراق الفحم والغاز الطبيعي وما يخرج من عوادم السيارات، فتتحد هذه الاكاسيد مع غـازات طبقـة الأوزون وتـؤدي إلى اسـتنفاد الأوزون.

إن طبقة الأوزون تمنع مرور الأشعة فوق البنفسجية المنطلقة من الشمس من المرور عبرها إلا بالتراكيز المطلوبة، واستنفاد طبقة الأوزون سوف يسمح لهذه الأشعة بالنفاذ بمعدل اكبر من المعدل المطلوب.

ثانيا:

ثاني اوكسيد الكبريت SO_2:

وينبعث بصورة رئيسية من احتراق الوقود (النفط والفحم) كونها تحتوي على نسبة من مركبات الكبريت والمستخدم في محطات توليد الطاقة الكهربائية والمراجل الصناعية والمدافئ المنزلية، أو عن طريق البراكين الطبيعية، ويعتبر هذا الغاز المسبب الرئيس للأمطار الحامضية.

ثالثا:

ثاني اوكسيد الكاربون CO_2:

يوجد هذا الغاز في تركيبة الغلاف الجوي الطبيعية بنسبة 0,03 ٪، وينبعث نتيجة احتراق المواد العضوية كالفحم والنفط والغاز الطبيعي، وتؤدي زيادة تركيزه في الغلاف الجوي إلى وجود ظاهرة الاحتباس الحراري فضلا عن تسببه بالمطر الحامضي.

رابعاً:

مركبات الكلوروفلوروكاربون CFCs:

(العناصر الكيميائية المكونة لهذه المركبات هي عنصر الكلور CL) (وعنصر الفلور F) (وعنصر الكاربون C)، ومركبات الكلوروفلوروكاربون هي مركبات عضوية صناعية تستخدم في أجهزة التبريد وتعرف بالاسم التجاري لها بغاز

الفريـون، وتنـتج هـذه المركبـات ايضـا عـن احـتراق الوقـود المسـتخدم في محـركـات الصواريخ المستخدمة لدفع مكوك الفضـاء، وتعـد هـذه المركبات من أكثـر مسببات استنفاد طبقة الأوزون، كون ذرات الكلـور تتفـاعل مـع جزيئة

الأوزون فتحطمهـا وتنـتج اكاسـيد الكلـور الـتي تتحلـل بسـرعة وتعـود ذرة الكلور حرة مرة أخرى لتحطم جزيئة أخرى من الأوزون، ومن الممكن لذرة واحدة من الكلور أن تحطم مئة الف جزيئة من جزيئات الأوزون، كما انه بإمكان مركبات الكلوروفلوروكاربون أن تبقى في الغلاف الجوي لمدة تزيد على المائة عام.

ثانيا: المبادئ الدولية العامة لحماية الغلاف الجوي من التلوث:

هناك مبـادئ عامـة تحكـم العلاقـات بـين الـدول فيمـا يتعلـق بحمايـة البيئـة بوجه عـام والغـلاف الجـوي بوجـه خـاص، وقـد اسـتقرت هـذه المبـادئ في إطـار القـانون الـدولي كونهـا تسـهم في حمايـة وتطـوير البيئـة، ومنهـا مبـادئ دوليـة عامـة، ومنهـا مبادئ دولية ظهرت حديثا اتفقت عليها غالبية الدول.

ولدراسة البعض من هذه المبادئ، قسم هذا الفصل على مبحثين:

المبادئ العامة لحماية الغلاف الجوي من التلوث:

من أهـم المبـادئ العامـة الـتي اسـتقرت في نطـاق القـانون الـدولي والمتعلقـة بحمايـة وتطـوير البيئـة والغـلاف الجـوي همـا مبـدأ عـدم تلويـث البيئـة ومبـدأ حسـن الجوار. وسنتناول كل منهما في مطلب مستقل:

المطلب الأول: مبدأ عدم تلويث البيئة.

المطلب الثاني: مبدأ حسن الجوار.

المطلب الأول:

مبدأ عدم تلويث البيئة:

عرف هذا المبدأ واستقر عن طريق العرف الذي أضفى عليه الصفة الإلزامية من خلال استمرار العمل به من قبل الدول والتزامهم به، وهذا يؤكد بأنه ليس مبدأ حديث النشأة بل نتاج زمن طويل يكفي لتكون له صفة العرف الملزم. وصار هذا المبدأ اليوم من المبادئ الأساسية في القانون الدولي البيئي، وهو تطبيق وانعكاس لمبدأ آخر استقر في القانون الدولي وهو مبدأ " استعمل مالك دون الإضرار بالآخرين ". الذي افرزه قرار محكمة التحكيم في قضية مصهر تريل بين الولايات المتحدة وكندا عام 1949. كما أن المبدأ الحادي والعشرين من إعلان استوكهولم للبيئة البشرية لعام 1972 قد تضمن هذا المبدأ وقننه، وأعيد النص عليه في إعلان ريو حول البيئة والتنمية لعام 1992 في المبدأ الثاني منه، وكذلك في حكم محكمة العدل الدولية في رأيها الاستشاري بشأن شرعية التجارب النووية عام 1996.

الفرع الأول:

استعمل مالك دون الإضرار بالآخرين

لقد استقر هذا المبدأ منذ صدور قرار الحكم في قضية مصهر تريل الذي جاء فيه: إن المحكمة وجدت بأنه "بموجب مبادئ القانون الدولي وقانون الولايات المتحدة، ليس لأية دولة الحق في أن تستخدم إقليمها أو السماح باستخدامه بالطريقة التي تسبب الضرر في إقليم دولة أخرى أو ممتلكات الأشخاص الموجودين فيه.

عندما تكون النتائج خطرة والضرر ناجم عن مصادر واضحة". ويقول الفقيه لوترباخت "إن هذا المبدأ ينطبق على العلاقات بين الدول كما ينطبق على العلاقات بين الأفراد".

فوفقا لهذا المبدأ يحق للدولة أن تستخدم إقليمها كيفما تشاء وتمارس عليه أنشطتها المختلفة، ولكن بحدود عدم الإضرار بالدول والأقاليم الأخرى، كون حق الدولة في استخدام إقليمها ليس حقا مطلقا وإنما مقيد ويتأثر متى ما أتت الدولة أضرارا جسيمة بالدول الأخرى نتيجة لنشاطاتها التي تقوم بها. وأكدت ذلك محكمة العدل الدولية في حكمها الصادر بشأن قضية مضيق كورفو بين بريطانيا وألبانيا السابق الذكر والذي جاء فيه "ليس من حق أية دولة أن تستخدم إقليمها بالشكل الذي يضر بمصالح الدول الأخرى".

ويجب على الدول وفقا لهذا المبدأ أن لا تستخدم في إقليمها أي نشاط من شأنه أن يلحق الضرر بالدول الأخرى لاسيما المجاورة لها، وعليها كذلك أن لا تسمح بتنفيذ أي نشاط على إقليمها يسبب تلك الأضرار. إن هذا المبدأ يشير إلى الأضرار الذي لا يمكن تحملها والتي توصف بالخطرة، بينما بالإمكان تحمل الأضرار التي هي دون ذلك والتي يمكن تحملها وفقا لمبدأ حسن الجوار.

الفرع الثاني:

المبدأ 21 من إعلان استوكهولم للبيئة البشرية 1972

ينص هذا المبدأ على " للدول، وفقا لميثاق الأمم المتحدة ومبادئ القانون الدولي، الحق السيادي في استغلال مصادرها وفقا لسياستها البيئية، وعليها مسؤولية التأكد من أن الأنشطة التي تمارس تحت ولايتها أو رقابتها لا تسبب ضررا للبيئة في دول أخرى أو في مناطق خارج حدود الولاية الوطنية ".

وهذا يعني أن مبدأ عدم تلويث البيئة قد قنن في النص أعلاه من إعلان استوكهولم.

ويؤكد غالبية الشراح إن هذا المبدأ هو انعكاس للقانون الدولي العرفي الذي تأكد في قضيتي مصهر تريل ومضيق كورفو.

ويتضمن هذا المبدأ عنصرين هما:

العنصر الأول / إن هذا المبدأ يؤكد الحق السيادي للدول على مصادرها الطبيعية، ودعوة الدول لتطوير سياستها لحماية البيئة.

العنصر الثاني / انه يؤكد واجب الدول في ضمان الأنشطة التي تضطلع بها أو تلك التي هي تحت رقابتها او ولايتها ان لا تسبب ضررا لبيئة دول أخرى.

ويترتب على هذه العناصر أن تلتزم الدول بألا تأتي اعمالا مضرة بالبيئة، ليس فقط تجاه الدول والأقاليم الأخرى، بل حتى في مواجهة المناطق التي تقع خارج حدود الولاية الوطنية لأية دولة مثل اعالي البحار والفضاء الخارجي، أي المشتركات العالمية ومن ضمنها الغلاف الجوي.

الفرع الثالث:

محكمة العدل الدولية:

أقرت محكمة العدل الدولية بأن القانون الدولي سواء كان عرفيا أم اتفاقيا لا يجيز ولا يمنع صراحة استخدام الأسلحة النووية، وجاء ذلك على خلفية رأيها الاستشاري عام 1996 بشأن شرعية التجارب النووية. حيث أن المحكمة لغاية ذلك العام لم تقر بأن المصالح البيئية هي من بين المصالح التي يجب أن تحميها الدول. ورأت المحكمة إن تحريم استخدام الأسلحة النووية يجب أن يكون من خلال القانون الدولي البيئي، وبينت المحكمة بأنه لا يمكن أن يكون المقصود من وجود الاتفاقيات البيئية هو تحريم لجوء الدول إلى حقها في الدفاع عن النفس بموجب القانون الدولي وان القانون الدولي البيئي لا يشكل مانعا مستقلا لاستخدام هذه الأسلحة، غير أن محكمة العدل الدولية لاحظت الآتي:

اعترفت المحكمة بأن البيئة تؤلف المجال المهم لحياة الإنسان الآن وفي المستقبل، كما أقرت بأن الانتهاكات اليومية للبيئة واستخدام الأسلحة النووية

يمكن أن يشكل كارثـة على البيئـة، ويجب على جميع الـدول أن تلتزم بضمان أن النشاطات التي تنفذ تحت ولايتها أو سيطرتها هي نشاطات تقوم بها في إطار احترام بيئة الدول الأخرى وكذلك المناطق التي لا تخضع لولاية أية دولة كالفضاء الخارجي وأعالي البحار. ويبدو هنا بأن محكمة العدل الدولية قد أعادت نص المبدأ 21 من إعلان استوكهولم بشكل مختلف نسبيا، إلا أنها وافقت على الالتزام باحترام البيئة والعمل على حمايتها وعدم التسبب بالإضرار بها.

المطلب الثاني:

مبدأ حسن الجوار:

جاء في ديباجة ميثاق منظمة الأمم المتحدة، بأن تتعهد شعوب الأمم المتحدة بأن تعيش معا في سلام وحسن جوار، كما أن المادة 47 من الميثاق أكدت هذا المبدأ، وهو يعد من المبادئ المستقرة في القانون الدولي.

وبخصوص تطبيق قواعد مبدأ حسن الجوار في نطاق حماية الغلاف الجوي من التلوث، فأنه يجب على الدول الالتزام بعدم القيام بأي عمل من شأنه الإضرار بأقاليم الدول الأخرى على الرغم من مشروعية تلك الأعمال.

وأهم الالتزامات التي يتضمنها مبدأ حسن الجوار هي:

الأول / على الدول الامتناع عن القيام بأي عمل على إقليمها ينتج عنه ضررا بمصالح دول أخرى، وهو التزام سلبي.

الثاني / على الدولة اتخاذ الاحتياطات اللازمة لمنع الخاضعين لها من القيام بأية أعمال يمكن أن تمتد آثارها إلى أقاليم الدول المجاورة، وهو التزام ايجابي.

وحيث أن تلوث الهواء الذي يكون مصدره دولة ما، لا يقتصر اثره على تلك الدولة بل يمتد إلى الدول المجاورة ذات الحدود المشتركة معها أو قد يصل إلى مسافات بعيدة جدا عن المصدر، فمن هنا يمكن القول بضرورة تطبيق الالتزامات التي يفرضها مبدأ حسن الجوار في مجال حماية الغلاف الجوي، كون الهواء بحكم طبيعته لا يعرف معنى للحدود الدولية.

ومثال على ذلك:

إن الإمطار الحامضية وهي إحدى المشاكل التي يواجهها الغلاف الجوي، قد سببت أضرارا بالغة الخطورة في شمال أوربا وأمريكا الشمالية. إذ أن المعالجات التي قامت بها الدول الصناعية في جنوب أوربا أدت إلى انتقال الأبخرة إلى شمالها مسببة هطول الأمطار الحامضية في الدول الاسكندنافية بشكل خاص والتي لا تربطها بالدول المصدر أي اتصال مادي.

كذلك فأن نشاطات الدول الصناعية تعتبر أهم مصادر زيادة تراكيز الغازات الدفيئة مثل ثاني اوكسيد الكربون الذي هو احد المسببات الرئيسة لتغير المناخ العالمي والذي له أخطار بيئية عالية على البيئة بصورة عامة ولا فرق بين من يساهم بهذه الانبعاثات الخطيرة وبين من لا يساهم، فالجميع يشمله خطر التلوث، وهذا الأمر هو ذاته فيما يتعلق باستنفاد طبقة الأوزون.

وخلاصة القول، إن مفهوم الجوار في نطاق حماية الغلاف الجوي هو ليس جوارا ماديا فقط، وان الالتزامات التي يقررها مبدأ حسن الجوار يجب أن تطبق على جميع الدول ولا أهمية في هذا المقام إلى الاتصال المادي للحدود، كون الهواء بطبيعته لا يعرف معنى لسيادة الدولة ولا للحدود الدولية، ويمكن القول بأن جميع الدول يمكن أن توصف بأنها متجاورة ما دامت كتلة الهواء تعبر من دولة إلى أخرى دون رقيب يستطيع منعها من المرور.

بعض المبادئ الدولية الحديثة في حماية الغلاف الجوي من التلوث:

إن أهمية الغلاف الجوي، بوصفه أحد المشتركات العالمية التي يقتضي التعاون الجاد من قبل المجتمع الدولي لحمايته، وذلك لضمان استمرار الحياة على الأرض، كل ذلك يحتم على الدول أن تساهم في حماية الغلاف الجوي من المشاكل التي يتعرض لها، وأحد سبل هذا التعاون هو التزام الدول ببعض المبادئ الدولية الحديثة التي من شأنها الحد أو وقف تلوث الغلاف الجوي، حيث لو تفاقمت آثار التلوث إلى الحدود الخطيرة فأنه يصعب حينها معالجة الأمر حتى لو اشترك الجميع في تلك المعالجة.

وهناك بعض من المبادئ الحديثة التي تسهم في حماية الغلاف الجوي من التلوث، وسوف نخصص لكل منها مطلب وعلى النحو الآتي:

المطلب الأول: مبدأ المنع.

المطلب الثاني: مبدأ الحذر.

المطلب الثالث: مبدأ التنمية المستدامة.

المطلب الرابع: مبدأ الملوث يدفع.

المطلب الأول:

مبدأ المنع:

يقال أن منع الشيء قبل أن يقع أفضل من تركه يقع ومن ثم التعامل معه، وهناك قاعدة عامة تقول "الوقاية خير من العلاج".

إن مبـدأ المنـع يعـني أن أفضـل الطـرق في حمايـة البيئـة هـو منـع الإضرار بهـا بدلا من معالجة التلوث الذي يحصل فيما لو حدثت تلك الأضرار، وان منـع الضرر يكون اقل تكلفة من إصلاحه إذا ما حدث.

لقد تطور هذا المبدأ على المستوى الدولي حيث تضمنه إعلان استوكهولم للبيئة البشرية لعام 1972 في المبدأ السادس منه فنص على "إن تفريغ المواد السامة أو أية مواد أخرى وإطلاق الحرارة، في مثل الكميات أو التراكيز التي تتجاوز قابلية البيئة لدفع الضرر عنها، يجب أن توقف لضمان أن الأضرار الخطرة التي لا يمكن ردها لا تفرض على البيئة".

لقد تم وصف هذا المبدأ من قبل بعض العلماء بأنه من القواعد الذهبية في القانون الدولي البيئي، على اعتبار أن هناك استحالة في غالب الأحيان من معالجة الأضرار البيئية ولو أمكن معالجتها فسوف تكون مكلفة جدا.

إن هذا المبدأ يفرض على الدول أن تبذل العناية وذلك من خلال تبنيها إجراءات مناسبة تمنع الإضرار بحقوق الدول الأخرى، وإصلاح الضرر ومعاقبة المسبب وهو الالتزام المتعلق بولاية الدولة على إقليمها.

وأخيرا، يمكن القول بأن هذا المبدأ له دور مهم في معالجة التلوث من خلال منع حدوثه ابتداء أو التقليل من ضرره إلى ابعد حد ممكن.

المطلب الثاني:

مبدأ الحذر:

ويعني به، التأهب لأي تهديد محتمل أو افتراضي، أي عندما لا تتوفر الدلائل القوية التي تؤيد حصول ضرر حقيقي ما. وهذا المبدأ يعتمد على المنع المعتمد على الاحتمالية والحالات الطارئة، ولذا فهو يوصف بأنه شكلا متطورا لمبدأ المنع وقريب جدا منه، وذلك بسبب أن كلا المبدأين تضمنا العمل المضاد لتجنب

الضرر البيئي قبل حدوثه، فهو إذن تطبيق لمبدأ المنع وذلك عندما تكون المعلومات العلمية غير مؤكدة وغير مكتملة.

ولقد تضمن إعلان ريو هذا المبدأ حيث نص في المبدأ 15 منه على:

"من أجل حماية البيئة، فأن مبدأ الحذر يجب أن يطبق بشكل واسع من قبل الدول وفقا لمقدرتها، وحينما تكون التهديدات خطرة أو أن الأضرار لا يمكن ردها، فأن نقص المعلومات العلمية المؤكدة يجب ألا تستخدم كسبب لإرجاء كلفة الإجراءات الفعالة لمنع الانحدار البيئي.

وقد أخذت غالبية الاتفاقيات الدولية المتعلقة بحماية الغلاف الجوي بهذا المبدأ، منها اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشان تغير المناخ لعام 1992، وكذلك بروتوكول غوتنبيرغ لعام 1999 الملحق باتفاقية جنيف بشان تلوث الهواء العابر للحدود البعيد المدى لعام 1979.

المطلب الثالث:

مبدأ التنمية المستدامة:

وهو مبدأ يعنى بالتنظيم الاجتماعي ويتضمن تدابير التكنولوجيا وتحسينها من اجل تعزيز النمو الاقتصادي في حدود قدرة البيئة.

ويمكن تعريف التنمية المستدامة بأنها "التنمية التي تلبي حاجات الحاضر دون المساومة على قدرة الأجيال المقبلة في تلبية حاجاتهم" إن المجتمعات، ومن خلال رغبتها في تحقيق النمو الاقتصادي والاجتماعي تلجأ إلى شتى الوسائل التي تساعدها على تحقيق تلك الأهداف، من هذه الوسائل هي التسابق في مجال الصناعة والاختراعات الحديثة، ولكون اغلبية هذه الصناعات لا تتم إلا من خلال مزاولة النشاطات الضارة بالبيئة، مما يعرض مستقبل الأجيال القادمة لخطر كبير. إذ أن انبعاث الغازات الملوثة إلى الجو هو تهديد خطير للأنظمة الطبيعية

التي تديم الحياة على سطح الأرض، ولهذا فأن مبدأ التنمية المستدامة يهدف إلى عدم تهديد هذه الأنظمة الطبيعية بالخطر الناتج عن التلوث البيئي، كون هذه الأنظمة الطبيعية هي التي تديم الحياة على سطح الأرض ومنها الغلاف الجوي. والغرض من هذا المبدأ هو استيعاب آثار الأنشطة الإنسانية وتلبية الاحتياجات الضرورية لبني البشر وتوفير الفرص لهم لتحسين حياتهم، وتغيير أنماط الحياة لجعلها في إطار ما تسمح به الوسائل البيئية.

وعلى الرغم من أن للدولة حق في التنمية، ولا يمكن أن تتوقف عجلة التنمية في أية دولة من الدول، إلا انه في الوقت نفسه على الدولة أن تراعي احترام البيئة وان تجعل حقها في التنمية مقيدا بحدود ما تتحمله البيئة وعدم تجاوز تلك الحدود.

لقد نص إعلان استوكهولم للبيئة البشرية لعام 1972 في المبدأ الحادي عشر منه على "إن سياسات كل دولة يجب أن تعزز التنمية في الدول النامية، ويجب أن لا يكون لها تأثيرات سلبية على حاضر أو مستقبل التنمية فيها".

ومن الجدير بالذكر إن ما يقارب من ثلث مبادئ إعلان استوكهولم تتعلق بالتنسيق بين التنمية والبيئة.

كما أكد إعلان ريو لعام 1992 بشان البيئة والتنمية على مبدأ التنمية المستدامة في خمس مبادئ منه هي المبادئ (4، 5، 20، 21، 27).

وترتبط التنمية المستدامة ارتباطا وثيقا بالغلاف الجوي وذلك لما لتغيرات الغلاف الجوي من اثر على النشاط البشري، فإذا تحقق التوازن بين حق الدولة في التنمية وبين واجبها في حماية البيئة بشكل عام فأن ذلك سيؤدي إلى التقليل من الأضرار التي تصيب الغلاف الجوي.

ويدعو مبدأ التنمية المستدامة في مجال استخدام الطاقة إلى المحاور الآتية:

- الاستخدام الأمثل للطاقة على الصعيد المنزلي وفي القطاع التجاري منها على سبيل المثال، إدخال استعمال مواقد محسنة أو الغاز النفطي المسيل لأجل الطبخ، واعتماد معايير أداء طاقية دنيا بالنسبة للأجهزة والإنارة، وقواعد بناء تتسم بالكفاءة الطاقية، وعدادات.
- تحسين الفعالية بالنسبة لإمدادات الطاقة (مثلا: توليد الطاقة ونقلها وتوزيعها).
- سياسات تسهيل نقل التكنولوجيات الحديثة في مجال الطاقة، كسياسات تشجيع التصدير أو تهيئة بيئة مواتية للاستثمارات، بما في ذلك الغايات المتوخاة من تلك السياسات وأنواع التمويل المتوفر والحوافز الأخرى المقدمة لتسهيل نقل التكنولوجيا.
- إصلاح وإعادة هيكلة قطاع الطاقة خلال العشر سنوات الماضية لأجل تحسين أداء أسواق الطاقة.
- تطوير الأطر القانونية والتنظيمية المتصلة بالسياسات العامة التي اعتُمدت في مجال الطاقة.
- استخدام وسائل اقتصادية، من ضمنها إصلاح التسعير والتعريفات الجمركية.
- مشاركة الشركات الخاصة في قطاع الكهرباء، وتأثيرها على خدمات الكهرباء وإسهامها (مثلا: التوليد – النقل – التوزيع).
- مشاركة المجموعات الرئيسة في صنع القرارات المتعلقة بالطاقة سواء على الصعيد الوطني أو صعيد المجتمعات المحلية.
- مشاركة النساء في تقييمات الاحتياجات أو في التخطيط لها وفي صوغ السياسات المتعلقة بالطاقة، على الصعيدين المحلي والدولي.
- البرامج الرامية لزيادة نسبة الطاقة المتجددة في مجموع الإمدادات الطاقية الوطنية، بما في ذلك معلومات عن غاياتها وأهدافها.

- التدابير والبرامج المعتمدة لأجل تحسين كفاءة الوقود المستخدم للسيارات، مثل قواعد كفاءة وقود السيارات وبرامج فحص السيارات وصيانتها، واستعمال أنواع وقود أقل تلويثا، أو أية تدابير وبرامج أخرى.
- وجود برنامج للطاقة النووية ومعلومات عن مواد نووية تنقل داخل أو عبر الحدود الوطنية، وتشجيع البرامج الوطنية التي تكفل سلامة وجود ترتيبات لإجراء استعراض من قبل الجمهور ولعقد جلسات استماع.
- بناء القدرات والمعلومات والبحث التكنولوجي.
- الجهود المبذولة لاستحداث أو تعزيز أو إصلاح المؤسسات الوطنية والمحلية القائمة التي تتولى مسؤولية البرامج الوطنية لاستخدام الطاقة لأغراض التنمية المستدامة.
- التدريب أو الأنشطة الأخرى الهادفة لبناء القدرات، المضطلع بها لأجل تعزيز التخطيط في مجال الطاقة، والاهتمام بكفاءة الطاقة أو تطوير مصادر طاقة جديدة أو متجددة.
- بدء حملات إعلامية وبرامج تعليمية لرفع الوعي والكفاءة في مجال الطاقة ونظم الطاقة السليمة بيئيا.
- الربط الشبكي بين مراكز الخبرة الرفيعة في مجال استخدام الطاقة لأجل التنمية المستدامة، التي حسنت مجالات تبادل المعلومات وبناء القدرات ونقل التكنولوجيا.
- مواقع الإنترنت التي تتعلق بشكل خاص، بالقضايا الواردة في هذه المبادئ التوجيهية الخاصة بالطاقة، وإيراد عناوين صفحات الاستقبال
- الجهود المبذولة لتشجيع المزيد من البحث والتطوير في مختلف تكنولوجيات الطاقة: الطاقة المتجددة، وكفاءة الطاقة، والتكنولوجيات المتقدمة في مجال الطاقة، ومن ضمنها تكنولوجيات الوقود الأحفوري الأنظف.
- أما بشأن التمويل، فينبغي اتخاذ التدابير اللازمة لإقامة بيئة مواتية لجذب الاستثمارات في قطاع الطاقة: إصلاح التسعير/الإعانة، والحوافز المالية والضريبية، واتفاقات شراء الطاقة، وأية ترتيبات أخرى.

- التعاون مـع البلدان المجاورة في تجارة الطاقة و/أو ربط شبكات الكهرباء أو الغاز، بما فيها خطوط الأنابيب العابرة للحدود الوطنية، نوعية هذا التعاون.

المطلب الرابع:

مبدأ الملوث يدفع:

يقصد بهذا المبدأ، إن على من يتسبب بتلويث البيئة، أن يتحمل كافة تكاليف الإجراءات الخاصة بمنع التلويث والسيطرة عليه أو التخفيف من آثاره، وتكون السلطة العامة في الدولة المتسببة بالضرر هي من يتحمل تلك التكاليف والنفقات، ولضمان ان تصبح البيئة بحالة مقبولة.

إن منظمة التنمية والتعاون الاقتصادي هي التي وضعت هذا المبدأ كمبدأ اقتصادي وكطريقة فعالة لتوزيع نفقات منع التلوث وإجراءات السيطرة المقدمة من قبل السلطات العامة في الدول الأعضاء في المنظمة.

ويعد تطبيق هذا المبدأ على الصعيد العالمي أمرا منطقيا وضروريا، خصوصا في حالة التلوث العابر للحدود، بحيث يتحمل من يتسبب بالضرر مسؤولية ذلك الضرر وعليه إصلاح آثاره الضارة، سواء كان المتسبب فرداً أم شركةً أم منظمة أم الدولة نفسها.

وقد نص إعلان ريو على مبدأ الملوث يدفع وذلك في المبدأ 16 منه والذي جاء فيه " السلطات الوطنية يجب أن تسعى إلى تشجيع التكاليف البيئية الداخلية واستخدام الاتفاقات الاقتصادية التي تأخذ بالحسبان منهج إن الملوث يجب، من حيث المبدأ، أن يتحمل تكاليف التلوث مع الأخذ بنظر الاعتبار المصالح العامة وبدون الإضرار بالتجارة والاستثمارات الدولية".

ثالثا:

الالتزامات الدولية العامة لحماية الغلاف الجوي من التلوث:

هناك عدد من الالتزامات العامة التي تفرض على جميع الدول في مجال حماية الغلاف الجوي من التلوث، بوصفه مشترك عالمي، بأن تساهم في العمل على منع الإضرار به كون آثار تلك الأضرار تصيب الجميع ما داموا يعيشوا على ظهر هذا الكوكب.

وسنتناول في المباحث الثلاثة الآتية أهم هذه الالتزامات:

-المبحث الأول: الاستخدامات السلمية للغلاف الجوي.

المبحث الثاني: عدم جواز الادعاء بملكية الغلاف الجوي.

المبحث الثالث: التعاون الدولي في حماية الغلاف الجوي من التلوث.

المبحث الأول:

الاستخدامات السلمية للغلاف الجوي:

هناك مشتركات عالمية لا تخص دولة أو دول بعينها ولا تخضع لسيادتها، وهذه المشتركات التي أكدت عليها الاتفاقيات الدولية هي (أعالي البحار، القارة القطبية الجنوبية، الفضاء الخارجي).

فمبدأ حرية أعالي البحار قد اقر في المادة 87 من اتفاقية قانون البحار لعام 1982، ويترتب على هذا المبدأ انه يجب استخدام اعالي البحار استخداما سلميا. كما أن اتفاقية القارة القطبية الجنوبية (انتراكتا) لعام 1959 قد أقرت في ديباجتها وفي المادة الأولى منها على الاستخدام السلمي للقارة، وأكدت بأن الاستخدام السلمي يعني منع أية إجراءات ذات طبيعة عسكرية. واقرت كذلك

اتفاقية المبادئ التي تحكم أنشطة الدول في استكشاف واستخدام الفضاء الخارجي والتي تتضمن القمر والأجرام السماوية الأخرى عام 1967 وفي المادة الرابعة منها بالاستخدام السلمي للفضاء الخارجي.

إذن هناك التزاما دوليا على عاتق الدول بألا تستخدم المشتركات العالمية بغير الاستخدامات السلمية، وبما أن الغلاف الجوي يعتبر احد هذه المشتركات العالمية، فان الأمر يقتضي بأن على الدول ان تحرم أي استخدام غير سلمي عليه وأن تتحاشى الإفراط في تلويث البيئة بأي شكل كان وعدم قذف الملوثات في الهواء كاستخدام الوقود في الصناعة أو في وسائل النقل البري أو من خلال حرق النفايات أو النشاط الإشعاعي. وبشكل عام فأن تلوث الهواء يختلف من مكان لأخر بحسب سرعة الرياح والظروف الجوية وحجم الملوثات ونوعها.

فمثلا فيما يخص عوادم السيارات فأنه، وبسبب عدم الاحتراق الكامل للوقود في محركات السيارات في المدن المزدحمة تنتج ملوثات غازية خطيرة مثل أول وثاني أكسيد الكربون حيث أثبتت الدراسات أن السيارة الواحدة تنتج حوالي 1450 كيلوجرام سنويا منه، وهذا يعنى أن كمية الغاز المنبعثة من 1000 سيارة حوالي 4 طن يوميا، وهذا رقم مخيف، ولغاز أول أكسيد الكربون مشكلة خطيرة ايضا، فاتحاده مع الهيموجلوبين في الدم مما يؤدى إلى تقليل نسبة وجود الأكسجين بشكل لا يفي باحتياجات الجسم وبالتالي حدوث مشاكل كبيرة للقلب كزيادة في ضرباته وإجهاد في عضلته كما يعمل هذا الغاز على حدوث تصلب في الشرايين وضيق في التنفس، وعامة يؤدى استنشاقه من قبل سائقي السيارات إلى وقوع الحوادث نتيجة لحدوث إغماءات لهم مما يجعلهم عاجزين عن القيادة السليمة، وثاني أكسيد الكربون أيضا ينتج من عدم الاحتراق الكامل للوقود في محركات السيارات وأسباب أخرى لا يسع الحديث عنها الآن، ولكن زيادة نسبته في الهواء يعمل على تأخير النمو في الكائنات الحية بوجه عام.

وهناك ملوثات أخرى يقتضي التعاون الجماعي في سبيل منعها او التقليل منها فمثلاً الهيدروكربونات وهي مركبات عضوية تنتج من اتحاد عنصري الكربون والهيدروجين ومن أكثر المركبات الهيدروكربونية ضررا مركب البنزوبيرين الذي يتشكل من احتراق الوقود ومن القار (الإسفلت) المستخدم في تعبيد الطرق وسطوح المباني. ومن اشتعال الزيوت البترولية وصناعة المطاط كما يوجد في دخان السجائر والتبغ وهو من أخطر الملوثات المسببة للسرطان.

ولا تقل أكاسيد النيتروجين خطورة عن غيرها من الملوثات الخطيرة ومن أشهرها أكسيد النيتريك وثاني أكسيد النيتروجين وهي ايضا تعتبر من نتائج عدم الاحتراق الكامل للوقود، وهي غازات شديدة السمية ومهيجة للأنسجة حتى لو تواجدت بنسبة ضئيلة في الهواء حيث أن لها أضرارا بيئية فادحة كإصابة الإنسان بأمراض الرئة والتقليل من مقاومة الجهاز التنفسي كما تقلل من مدى الرؤية للإنسان وحجب الضوء عنه إضافة إلى إعاقة نمو النبات وسقوط أوراقه وأزهاره وبراعمه ولها دور في حدوث ظاهرة الضباب.

ومركبات الكبريت لها أثرها السلبي على البيئة والغلاف الجوي، حيث يوجد الكبريت في صورة شوائب في كل من الفحم والبترول وبعد أن تتم عملية الاحتراق يتصاعد في الجو على شكل ثاني أكسيد الكبريت الذي يتحول بدوره إلى كبريتيد الهيدروجين أو حامض الكبريتوز وحامض الكبريتيك، وبصفة عامة تؤثر هذه المركبات بقوة حيث يعمل زيادة تركيزها إلى حدوث بعض المشاكل الخاصة بالرئة كالالتهاب الرئوي وانتفاخ الرئة وزيادة معدلات الربو وقد حدثت مشكلة لزيادة تركيز كبيرتيد الهيدروجين في الهواء لمدة ساعة في المكسيك سنة 1950 وأدت إلى وفاة 22 شخص وافتقاد 320 شخص إحساسهم بالشم.

أما الجزيئات المنتشرة في هواء المدن الملوثة الأيروسولات والغبار والأدخنة والضباب وأتربة الأسمنت، فإنها تعمل جميعها على تقليل أشعة الشمس التي تصل

للأرض وتؤثر على نمو النبات ونضج المحاصيل علاوة على مشاكل صحية في الجهاز التنفسي للإنسان والحيوان.

وفي دراسة نشرتها المجلة الأمريكية لعلوم الأوبئة خاصة بتسجيل المعلومات عن للسيدات الحوامل بين عامي 1987، 1993 في لوس انجلوس ومقارنة تأثير نوعية الهواء عليهن ومقارنته بسيدات أخريات في مناطق أقل تلوثا، وجد أنهن واجهن خطر إنجاب أطفال مشوهين أو مصابين باضطرابات في القلب بسبب زيادة التلوث في لوس انجلوس عنه في المناطق الأخرى الأقل تلوثا.

وفي دراسة أخرى أجريت في مركز أبحاث العيون بالقاهرة ثبت أن تلوث الهواء قد يؤثر سلبا على العين ويضعفها ويزيد من حدوث حالات أمراض المياه البيضاء فيها، كما يزيد من تسبب إصابة ملتحمة العين بالحساسية.

وفي دراسة نشرتها دورية نيو انجلاند الطبية أوضحت أن تلوث الهواء يؤخر نمو الرئتين عند المراهقين حيث أكد الباحثون الذين تابعوا 1759 حالة طفل في 12 تجمعا بجنوب كاليفورنيا ذلك.

وأخيرا في دراسة لمنظمة الصحة العالمية وجد أن من يموت بسبب تلوث الهواء في فرنسا والنمسا وسويسرا كل عام يزيد على عدد من يقتل بسبب حوادث الطرق كل عام حيث أوضحت الدراسة أنه يموت كل عام 21 الف شخص في البلدان الثلاثة المذكورة بسبب التلوث، في حين يموت 10 آلاف شخص فيها بسبب حوادث الطرق.

وقد أبرمت بعض الاتفاقيات التي تهدف إلى استخدام الغلاف الجوي استخداما سلميا والالتزام بعدم إتيان الأنشطة المسببة بتلويثه ومن هذه الاتفاقيات:

أولا / اتفاقية موسكو لحظر التجارب النووية في الجو وفي الفضاء الخارجي وتحت الماء لعام 1963.

إن التجارب النووية التي تجريها الدول، تسبب اخطار كبيرة على البيئة والغلاف الجوي، كون هذه التجارب تحدث إشعاعات ذرية تصل إلى الدول القريبة من مكان التفجير، وان هناك كميات أخرى من هذه الإشعاعات تبقى عالقة في الجو وينقلها الهواء إلى مسافات بعيدة جدا عن مناطق التفجير.

وقد أكدت الأبحاث العلمية بشأن هذه التجارب تلك المخاطر والأضرار التي تنجم عنها، لاسيما الأبحاث التي اجريت بعد الحرب العالمية الثانية، واثبتت الأبحاث بأن الإشعاعات والغبار الذري المكون من المواد الانشطارية المشعة لا يمكن حصر آثارها، حيث أن لهذا الغبار الذري قدرة يستطيع من خلالها الإضرار بالكائنات الحية من الناحيتين الحيوية والوراثية ولفترات قد تصل إلى أجيال مقبلة أخرى ايضا.

ولقد توصلت كل من الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد السوفيتي السابق والمملكة المتحدة في 26 تموز 1963 في موسكو إلى عقد هذه الاتفاقية. وكان الهدف الرئيس من وراء عقدها، كما أعلنه أطرافها في الديباجة، هو نزع السلاح نزعا تاما وشاملا، ومن جهة أخرى ابدوا رغبتهم في وضع حد لتلوث الأجواء والمحيط الذي يعيش فيه الإنسان.

ويتبين من ذلك، إلى أن الغاية الأساسية من عقد الاتفاقية كانت نزع الأسلحة وليس لها علاقة مباشرة بحماية البيئة، وهذا يعني بأنها تدعو إلى استخدام الغلاف الجوي استخداما سلميا يضمن عدم الإضرار به.

ثانيا / اتفاقية جنيف لعام 1977 لحظر استخدام تقنيات التغيير في البيئة للأغراض العسكرية أو لأية أغراض عدائية أخرى.

عقدت هذه الاتفاقية على اثر استخدام الولايات المتحدة الأمريكية الغلاف الجوي كسلاح. فقد قامت الولايات المتحدة في حرب فيتنام 1967 – 1972

بإحداث تغييرات في عناصر الغلاف الجوي مما ادى إلى هطول الأمطار الصناعية الشديدة في مناطق واسعة من فيتنام.

وقام حينها الاتحاد السوفيتي السابق بتقديم مشروع اتفاقية إلى الأمم المتحدة يقضي بتحريم استخدام وسائل التأثير بالبيئة للأغراض العسكرية أو أية أغراض عدائية أخرى، ووافق على هذه الاتفاقية عدد كبير من الدول بضمنها الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد السوفيتي السابق.

ويلاحظ بأن هذه الاتفاقية تحظر استخدام أساليب التغيير في البيئة للأغراض العسكرية، اي لم تحظر استخدامه للأغراض السلمية حتى لو ترتب على ذلك أضرار للبيئة، فضلا عن انها لم تبين ماهية الأغراض السلمية.

المبحث الثاني:

عدم جواز الادعاء بملكية الغلاف الجوي:

أكدت الاتفاقيات الدولية ذات الصلة بالمشتركات العالمية، بأن الغلاف الجوي شأنه شأن هذه المشتركات حيث لا يمكن لأحد الادعاء بملكيته.

إن مفهوم المشترك العالمي يرفض أي ادعاء بملكيته أو فرض سيادة دولة ما عليه، وبخلافه فأن اي توجه مغاير سوف يواجه بالرفض القاطع من قبل المجتمع الدولي. إلا انه بالمقابل، فان الادعاء بعدم ملكيته لا يعني عدم السماح للدول بالاستفادة أو استغلال هذا المشترك العالمي ما دام الانتفاع يصب بمصلحة البشرية جمعاء.

وهناك بعض الأراء التي تعتبر الغلاف الجوي من قبيل الدومين العام الدولي المخصص للنفع العام لجميع الدول، والذي لا يجوز استخدامه من قبل أية دولة بصفة الاستقلال، وبالشكل الذي لا يترتب على استخدامها له أي أضرار بالدول الأخرى.

إن عدم الادعاء بملكية الغلاف الجوي، بوصفه مشتركا عالميا، يشبه إلى حد كبير حالة عدم الادعاء بالمناطق المشتركة الأخرى والتي أكدتها اتفاقيات دولية، فاتفاقية قانون البحار اعتبرت أعالي البحار مفتوحة لجميع الدول ولم تجز لأية دولة إخضاع أي جزء من أعالي البحار لسيادتها، وكذلك الاتفاقية المتعلقة بالمنطقة الدولية للبحار لم تجز لأية دولة تملك اي جزء من هذه المنطقة.

وجاء في التوصيات المقدمة من مجلس الكنائس العالمي إلى مؤتمر الأطراف السادس لاتفاقية تغير المناخ عام 2000 من أن (الغلاف الجوي هو الذي يحيط بالكرة الأرضية، يغذيها ويحميها، وهو يخص جميع البشر ويشتركون فيه اليوم وفي المستقبل، وانه لا يمكن السماح لأية قوة سياسية او اقتصادية الإضرار به أو الادعاء بملكيته).

وطالما كان الغلاف الجوي مشاعا بين المجتمع العالمي بأجمعه، فأن ذلك معناه إن على الجميع أن يتعاون على حمايته والاهتمام به كون الأخطار التي يتعرض لها وما ينتج عنها من آثار سلبية سوف تصيب الجميع دون استثناء. وإذا كان ثمة قصور في الوقت الحاضر لدى بعض الدول في إدراك تلك المخاطر، فأن ذلك لا يعفي الدول الأخرى لاسيما المتقدمة منها في نشر التوعية والتثقيف بمفهوم حماية البيئة والغلاف الجوي من التلوث، وبالكوارث والمردودات السلبية التي من الممكن أن تصيب الكرة الأرضية من جراء تلوث الغلاف الجوي، ومساعدة الدول النامية من خلال تمكينها من الإسهام مع بقية الدول في حماية الغلاف الجوي من الأخطار ومعالجة ما قد أصابه من أضرار نتيجة للتلوث الصناعي فضلا عن نشاطات البشر الضارة الأخرى.

ولا يفهم من أن صفة العمومية والشمولية التي يتصف بها الغلاف الجوي تجعل بعض الدول تتكل على غيرها في حمايته ومعالجة الأضرار التي تعرض لها نتيجة الملوثات، بل على العكس من ذلك تماماً، فأن صفته هذه ستؤدي بأعضاء المجتمع الدولي إلى التسابق نحو تقديم كل ما بوسعهم من إمكانات لحفظ هذا المشترك المهم والذي لولاه لما بقيت حياة على هذه المعمورة.

المبحث الثالث:

التعاون الدولي في حماية الغلاف الجوي من التلوث:

تتطلب حالة الاشتراك الدولي تعاونا بين جميع الدول المعنية، حيث يهمها أمر ذلك المشترك ولذا عليها المحافظة علية وعدم الإضرار به، وكذلك منع أي أعمال ونشاطات بشرية من شأنها التأثير السلبي فيه.

فقد بات مستقبل الحياة على كوكب الأرض مهددا بأخطار جسيمة بسبب سوء تصرف الإنسان واعتداءاته العمدية وغير العمدية المتزايدة على البيئة المحيطة والتي تشبع له حاجاته، بل وهي قوام حياته، وبدأت البيئة بالفعل، رغم نظامها البديع وإمكانياتها الكبيرة، تنوء بما أصابها من جراء ذلك من تلوث وتعجز عن معالجته تلقائياً بما يحقق خير الناس.

وقد أصاب التلوث كل عناصر البيئة المحيطة بالإنسان من ماء وهواء وغذاء وتربة، وزادت الضجة المؤرقة والإشعاعات المؤذية فالماء في البحار والأنهار أصبح ملوث في حدود كبيرة أو قليلة بالكيماويات والفضلات وبقايا النفط والمعادن الثقيلة، بل وبالماء المستعمل نفسه، والهواء في أغلب المناطق المأهولة اختلت فيه نسب الغازات المكونة له لصالح الضار منها بفعل آلات الاحتراق الداخلي في المصانع والسيارات مع تقلص المساحات الخضراء، والغذاء وصل إليه التلوث عن طريق المبيدات والكيماويات الحافظة وغيرها من الإضافات الضارة، والتربة أصابها التلوث بسبب بقايا المبيدات والأسمدة الكيماوية والمخلفات الغريبة، والأملاح الزائدة وصار التلوث الصوتي من لوازم العصر.

بعد زيادة الضوضاء والأصوات المستنكرة بمصادرها الحديثة المختلفة، وظهر التلوث الإشعاعي نتيجة استخدام الذرة سواء في الحرب أو في السلم.

وقد برزت مشكلة التلوث وتعاظم خطرها مع تقدم الصناعة واستخدام الآلات الحديثة وأسلحة الحرب المدمرة على نطاق واسع، فأصابت الغلاف الجوي الذي يعد الدرع الواقي للكرة الأرضية، وكانت الدول الصناعية الكبرى سباقة إلى اكتشاف هذه المشكلة ومخاطرها والبحث عن الحلول المناسبة لمعالجتها، كما كانت سباقة في إحداث التلوث والإخلال بالتوازن البيئي.

ومع التزايد المستمر في عدد سكان العالم تتفاقم مشكلة تلوث البيئة والغلاف الجوي وتتضخم مخاطرها ويتحتم البحث عن حلول جذرية لحماية البشرية من كوارث محققة.

وأول ما يمكن ملاحظته هو أن هذا التلوث أدى إلى حدوث انقلاب خطير في النظام الكوني، حيث اختلطت الفصول فلا يعرف الصيف من الشتاء أو الخريف أو الربيع، وذلك بسبب التزايد المستمر لغاز ثاني أكسيد الكربون، وهو السبب أيضاً في تحريك الكتل الهوائية المحيطة بالكرة الأرضية وهبوب العواصف وحلول كثير من الكوارث الطبيعية، كهطول الأمطار حول الكرة الأرضية وحدوث الفيضانات وانحسار حزام الأمطار حول الكرة الأرضية عن أماكن أخرى فيصيبها الجفاف.

ويمكن تشبيه بعض المدن الصناعية الكبرى مثل طوكيو ونيويورك ولندن وباريس والقاهرة... الخ بالبراكين الثائرة، حيث يقذف سكان تلك المدن وآلاتهم ومصانعهم ومركباتهم بمئات الآلاف من الأطنان من الغازات السامة والأتربة وعوادم السيارات والمصانع إلى الهواء الجوي، وتكون هذه الغازات والأتربة غلالة أو سحابة رمادية أو زرقاء اللون تغطي تلك المدن، وتزحف هذه السحب السوداء فوق القارات بفعل تيارات الهواء لتلوث مناطق أخرى.

وفي نطاق حماية البيئة بشكل عام والغلاف الجوي بشكل خاص من الملوثات، فقد تم تحديد أنواع التلوث ذات الاهتمام الدولي:-

أ. النوع الأول: هو الذي يطلق عليه اسم "التلوث عبر الحدود" ويصدر هذا النوع من التلوث من إقليم دولة ما عابرا حدودها إلى إقليم أو أقاليم دول أخرى مجاورة أو بعيدة، والتلوث عبر الحدود قد ينتقل من إقليم دولة إلى أخرى عبر الهواء والمياه سواءاً مياه انهار أو مياه بخار. وهذا النوع من التلوث وكما هو واضح يحتاج إلى تعاون دولي لمنع أو لتقليل الأضرار الناتجة منه، وفي معظم الأحوال تتحمل الدولة المصدر تكاليف مكافحة أضرار التلوث الحاصل في الأقاليم المجاورة.

ب. النوع الثاني: من التلوث الذي يثير الاهتمام الدولي فهو الذي يضر بالمناطق المعروفة "بالمشتركات العالمية" وهي المناطق الواقعة فيما وراء حدود الولاية الإقليمية للدولة، والتي تعتبر ملكيتها شائعة بين كافة الدول، ومثال هذه المناطق أعالي البحار، والغلاف الجوي، والقطب الجنوبي للكرة الأرضية.

ج. النوع الثالث: من التلوث الذي يلقي عناية واهتمام دوليين هو ما يطلق عليه التلوث الضار "بالتراث الثقافي والطبيعي العالمي" ويهدف هذا الاهتمام إلى حماية بعض الأشياء الطبيعية والتي قام الإنسان بصنعها، وتمثل قيمة عالمية كبرى من وجهة النظر الفنية العلمية، تدفع المجتمع الدولي في أن يتحرك أما لحمايتها أو لإيقاف مصادر التلوث المؤثرة عليها، ولا شك أن كثير من الدول قد تعاونت إيجابياً في السماح للمجتمع الدولي بالتدخل والعمل داخل أراضيها سواءاً من خلال اتفاقيات الدول أو من خلال المنظمات الدولية كاليونسكو لإنقاذ التراث الثقافي والطبيعي العالمي من التلف أو الضرر وبما لا يمس سيادتها أو التدخل في شئونها الداخلية.

د. النوع الرابع: هو عبارة عن تلوث محلي أو داخلي: وهو تلوث يكون مصدره وأثاره الضارة داخل نفس الإقليم، وفي نفس الوقت فإن طبيعة الاهتمام بهذا التلوث لا تدخل في أي نوع من الأنواع الثلاثة السابقة، وقد يرجع الاهتمام الدولي بمثل هذا التلوث المحلي أو الداخلي إلى باعثين أساسيين: الأول / إذا تطلب مواجهة هذا التلوث اشتراك عدد من الدول أو المنظمات الدولية من خلال خبرائها الدوليين في مجال هذا النوع من التلوث، فالدول الفقيرة لا يمكنها مواجهة

كافة مصادر التلوث التي تؤثر بالضرر على بيئتها، ومن هنا يمكن أن تطلب مساعدة المجتمع الدولي فنيا وماليا.

الثاني/ في حالة التلوث الداخلي الذي يصل إلى درجة تؤثر على حركة التجارة الدولية، فلن يقتصر الأمر على وضع قيود على البضائع القادمة من هذه الدول بل أنها ستمر على عدة اختبارات علمية وفنية لقياس مدى تلوثها مما يضيف تكاليف على أسعار هذه السلع قد تؤدي إلى إخراجها من مجال المنافسة مع البضائع المشابهة التي تنتجها دول أخرى لا تتعرض لنفس التلوث وأضراره.

القسم الثاني:

أهم الاتجاهات الدولية لمعالجة فكرة التلوث:

على الرغم من الأخطار الداهمة التي تهدد توازن المجال الحيوي فإنه لم يفت الأوان بعد لكي تدرك الإنسانية أن الضرورة تحتم القيام بمجهود فكري وعقلي وتقبل المسؤولية لتحديد خطة من أجل مجتمع ثابت، إن هذا التنظيم الجديد يتطلب المحافظة على المناطق الطبيعية والمواطن الإنسانية أو على الأقل الاحتفاظ بحد أدنى للتطور، وإنهاء التبذير في المواد التي لا تتجدد، وكذلك التبذير في الطاقة ووضع سياسة سكانية متزنة.

وتستلزم حماية البيئة والغلاف الجوي في أي مكان القيام بعدة مهام أساسية لا غنى عنها جميعا لتحقيق الهدف المنشود وهي:

1. الاهتمام بالوعي البيئي: ينبغي رفع مستوى الوعي البيئي لدى السكان لتفادي مخاطر الجهل بأهمية الحفاظ على البيئة ومواجهة حالات التلوث. ويتم ذلك عن طريق إدخال حماية البيئة والغلاف الجوي ضمن برامج التعليم في المدارس والجامعات واستخدام أجهزة الإعلام العصرية واسعة الانتشار (أهمها التلفاز)، وكذلك تقديم المعلومات التقنية السلمية بيئيا لرجال الأعمال.

2. إعداد الفنيين الأكفاء: يجب إعداد الفنيين الأكفاء في مجالات علوم البيئة بالقدر الكافي للعمل على حماية البيئة والغلاف الجوي ووقايتهما من كل أنواع التلوث وذلك في مجالي التخطيط والتنفيذ على السواء، حتى تكون حماية البيئة من عناصر دراسة جدوى المشروعات المراد أقامتها، ومن أهم ضبط السلوك البشري في المجالات التنفيذية وفي حياة الناس وعاداتهم بصفة عامة.
3. سن القوانين اللازمة: يلزم سن القوانين اللازمة لحماية البيئة والغلاف الجوي من الاعتداءات التي يمكن أن تقع على أي عنصر من عناصرها، والقوانين الأكثر فعالية هي تلك التي تقي من التلوث وتحول دون وقوعه، فموضوع العقوبات الرادعة على مخالفات البيئة، لا يهدف إلى معاقبة المعتدين بقدر ما يهدف إلى منع الآخرين من الاعتداء على البيئة خشية العقاب.
4. منح الحوافز البيئية: يمكن الاستفادة من طموحات الإنسان ورغبته في تحقيق المكاسب المادية في حماية البيئة والغلاف الجوي، وذلك عن طريق تقديم القروض الميسرة لتحول إلى تقنيات بيئية نظيفة، وتقديم المساعدة التقنية المؤدية إلى حماية البيئة عن طريق السماح بالمتاجرة في تصاريح التلوث، بحيث تستطيع المنشأة قليلة التلوث أن تبيع حصتها من التلوث المسموح به إلى منشأة يفوق تلوثها الحدود المسموح بها.
5. ردع ملوثي البيئة: إن خوف الإنسان من العقاب كثيرا ما يدفعه إلى تقويم سلوكه، لذلك ينبغي تنمية قدرات المؤسسات المسئولة عن الكشف عن المخالفات البيئية وعدم التراخي في توقيع العقوبات البيئية على المخالفين لقوانين البيئة.

والغلاف الجوي بوصفه مشتركا عالميا، يقتضي من جميع الدول صغيرها وكبيرها أن تتضافر لحمايته لان الإضرار التي تحصل له تصيب الجميع دون استثناء.

إن ميثاق الأمم المتحدة رغم تأكيده في المادة الأولى – الفقرة الثالثة على التعاون الدولي في حل جميع المسائل ذات الطبيعة الاقتصادية والاجتماعية

والثقافية والإنسانية، إلا انه لم يذكر البيئة ضمن هذه المسائل التي يجب التعاون من اجلها، والسبب في ذلك هو أن موضوع البيئة لم ينظم بشكل واضح إلا بعد عقد مؤتمر استوكهولم للبيئة البشرية عام 1972 والتي أصبحت للبيئة على إثره مكانة عالمية تحظى باهتمام الجميع لاسيما الأمم المتحدة ذاتها.

وقد أكد المبدأ الرابع والعشرين من إعلان استوكهولم للبيئة البشرية لعام 1972 على مبدأ التعاون في نطاق حماية البيئة، حيث نص المبدأ على: ((المسائل الدولية المتعلقة بوقاية البيئة وتحسينها يجب أن تبحث بروح التعاون بين جميع الدول صغيرها وكبيرها على قدم المساواة. إن التعاون عن طريق اتفاقيات ثنائية أو متعددة الأطراف أو بطرق مناسبة لا غنى عنها للحد بطريقة فعالة أو منع إصابة البيئة بالضرر الناتج عن النشاطات التي تمارس في كافة المجالات وذلك في إطار حماية سيادة ومصالح جميع الدول)).

وقد نص مؤتمر ريو دي جانيرو حول البيئة والتنمية لعام 1992 في المبدأ السابع والعشرين منه على التعاون في نطاق البيئة، فنص على "إن الدول والشعوب يجب أن تتعاون بحسن نية وبروح المشاركة في تنفيذ المبادئ الموجودة في الإعلان، وفضلا عن ذلك تطوير القانون الدولي في نطاق التنمية المستدامة". وأكدت الاتفاقية الثانية بين الولايات المتحدة وكندا بشأن نوعية الهواء بين البلدين، على أن تلوث الهواء العابر للحدود يمكن أن يختزل ويخفض بفعالية من خلال التعاون والتطابق في الأعمال المتخذة من قبل البلدين للسيطرة على انبعاث الملوثات.

أولا:

تلوث الهواء العابر للحدود البعيد المدى:

تلوث الهواء هو الحالة التي يكون فيها الهواء محتويا على مواد بتركيزات تعتبر ضارة بصحة الإنسان أو بمكونات بيئته. وتنقسم مصادر تلوث الهواء إلى

قسمين: الأول، المصادر الطبيعية (مثل الغازات والأتربة الناتجة من ثورات البراكين ومن حرائق الغابات والأتربة الناتجة من العواصف)، وهذه المصادر عاده ما تكون محدودة في مناطق معينه تحكمها العوامل الجغرافية والجيولوجية، ويعد التلوث من هذه المصادر متقطعاً أو موسمياً. أما المصدر الثاني من مصادر تلوث الهواء فهو نتيجة لأنشطة الإنسان على سطح الأرض فاستخدام الوقود في الصناعة ووسائل النقل وتوليد الكهرباء وغيرها من الأنشطة يؤدي إلى انبعاث غازات مختلفة وجسيمات دقيقة إلى الهواء. وهذا النوع من التلوث مستمر باستمرار أنشطة الإنسان ومنتشر بانتشارها على سطح الأرض في التجمعات السكانية. وهو التلوث الذي يثير الاهتمام والقلق حيث إن مكوناته وكمياته أصبحت متنوعة وكبيرة بدرجة أحدثت خللا ملحوظا في التركيب الطبيعي للهواء.

عرفت الفقرة /د من المادة الأولى من اتفاقية جنيف لعام 1979 بشأن تلوث الهواء العابر للحدود البعيد المدى هذا النوع من التلوث بأنه "تلوث الهواء الذي يجد مصدره الطبيعي بصفة كلية أو جزئية في منطقة تخضع للاختصاص الوطني لدولة ما، ويُحدِث آثاره الضارة في منطقة تخضع لاختصاص دولة أخرى تقع على مسافة بعيدة، بحيث يتعذر بصفة عامة تمييز مقدار ما تسهم به المصادر الفردية أو مجموع مصادر الانبعاث".

وان أهم المشاكل في هذا النوع من التلوث هي مشكلة الأمطار الحامضية التي تعاني منها دول شمال أوربا وأمريكا الشمالية.

فما هي الأمطار الحامضية وما مخاطرها على الغلاف الجوي؟ وهل هناك من جهود دولية في معالجتها، ما هي هذه الجهود؟

كل ذلك سيبحث في هذين المبحثين:

المبحث الأول: الأمطار الحامضية ومخاطرها على الغلاف الجوي.

المبحث الثاني: الجهود الدولية في معالجة الأمطار الحامضية.

المبحث الأول:

الأمطار الحامضية ومخاطرها على الغلاف الجوي:

يقصد بالمطر الحامضي "هو المطر الذي يحتوي على القليل من حامضي الكبريتيك والنتريك، والذي ينجم عن اختلاط الدخان المتصاعد من احتراق الفحم أو النفط أو الغاز أو أي مادة أخرى مستخدمة كوقود مع بخار الماء الموجود في الغلاف الجوي".

والمطر الحامضي يكتسب الصفة الحمضية بسبب ذوبان الغازات الضارة بماء المطر ، والمطر النقي بطبيعته حامضياً بنسبة ضئيلة بسبب ثاني أكسيد الكربون المنحل به، والمعامل الذي تقاس به درجة الحامضية للمطر هو (PH) وكلما كان رقم هذا المعامل أقل كلما كانت نسبة الحموضة في المطر أعلى. ويتراوح بصفة عامة في المطر النقي بين (5.5 – 6) وكل الأمطار التي تحتوي على درجة حموضة بنسبة 5 أو أقل من ذالك تسمى أمطار حامضية. والمصطلح الأكثر دقة هو الترسيب الحمضي والذي يتألف من جزائيين:

1. ترسيب حمضي رطب ((WET ويشير إلى المطر الحمضي والضباب والثلج.
2. ترسيب حمضي جاف (DRY) يشير إلى الغازات الحمضية والجسيمات.

وتؤدي الأمطار الحامضية إلى تلف الكثير من النباتات والأشجار ومياه البحيرات والأنهار وكذلك الأراضي وما تحتويه من خيرات، كما تسبب عمليات التآكل في المنشآت الحجرية والمعدنية. ولخطورة هذه المشكلة فقد قدرت خسائر ألمانيا الغربية – خلال عام واحد– حوالي 800 مليون دولار نتيجة إتلاف المحاصيل الزراعية، بسبب الأمطار الحمضية. وهناك دراسات أخرى كثيرة تبين الآثار السيئة للأمطار الحمضية. وكتب الكيميائي البريطاني(روبرت سميث) تقريرا من 600 صفحة – ولأول مرة – عام 1872 أشار فيه إلى درجة حموضة الأمطار الحمضية التي هطلت في عام 1872 على مدينة مانشستر، وعزا السبب إلى الدخان المتصاعد

من مداخن المصانع، في حين لاحظ العالم السويدي(سفانت أودين) في عام 1967 أن الأمطار الحمضية الهاطلة في السويد، كانت حموضتها تزداد بمرور الزمن، وأطلق عليها تسمية "حرب الإنسان الكيميائية في الطبيعة".

كما وصلت درجة الحموضة في الأمطار التي هطلت في ولاية لوس انجلوس الأميركية إلى 3 وذلك في عام 1980، وفي بريطانيا إلى 4.5 في عام 1979، وفي كندا إلى 3.8 في عام 1979وفي فرجينيا إلى 1.5 عام 1979، وفي اسكتلندا إلى 2.7 في عام 1977.

وأصبحت ظاهرة الأمطار الحامضية ظاهره بيئيه إقليمية ودولية خاصة في أوروبا وشمال امريكا، وقد ثبت من رصد كيمياء الأمطار في مناطق واسعة من امريكا الشمالية وأوربا إن حمضيتها تصل إلى حوالي 10 أضعاف المستوى العادي. ولا تعتبر الأمطار الحامضية مشكله في مناطق أخرى في العالم في الوقت الحالي. بيد أن هناك دلائل على أن مناطق استوائية معينة مثل جنوب شرقي البرازيل وجنوبي الصين وجنوب غربي الهند وزامبيا قد تواجه في المستقبل مشاكل تتعلق بالأمطار الحامضية إذا ما استمرت الاتجاهات الحالية للتحضر والتصنيع بشكل متصاعد خلال هذا القرن.

وبالرغم من أن الأمطار الحامضية ليست مشكلة في الدول العربية (لندرة الأمطار)، إلا إن الترسيب الحامضي الجاف يكوّن مشكلة آخذه في الازدياد بزيادة تركيزات اكاسيد الكبريت والنيتروجين في الهواء. كما إن الضباب الحامضي الذي يتكون في الصباح الباكر في بعض دول الخليج العربي أصبح يشكل ظاهرة ملموسة.

والتفاعلات التي تحدث في الهواء لتكوين الأمطار الحامضية غير مفهومة بالكامل، وبعض هذه التفاعلات لا تقتصر فقط على اكاسيد الكبريت والنيتروجين وإنما تحدث ايضا عملية غسيل لملوثات أخرى مختلفة في مياه الأمطار (وجدت في مياه الأمطار في بعض المناطق في أمريكا تركيزات مرتفعة من المبيدات والمركبات

السلفونية والفلزات الثقيلة). من ناحية أخرى وجد في مناطق كثيرة خاصة تلك المتاخمة للمناطق الصناعية، أن الضباب (أو شبورة الصباح) لها خواص حامضية واضحة نتيجة تكوين رذاذ من المركبات الحامضية فيه.

وأهم أسباب تشكل المطر الحامضي هي:

يتشكل هذا المطر بفعل الغازات التي تنحل في ماء المطر لتكون أنواعاً مختلفة من الأحماض، ومن أنواع هذه الغازات:

1. غاز ثاني أكسيد الكبريت SO_2.
2. أكاسيد النيتروجين $NONO_2$.

(هذان النوعان لهما الدور الأكبر في تكوين المطر الحمضي).

3. ثاني أوكسيد الكربون CO_2.
4. الكلور CL_2.

والتفاعلات الآتية توضح كيفية تكون هذه الأمطار:

يتفاعل ثاني أكسيد الكبريتيد مع الماء ليكون حمض الكبريتيك.

$$(SO_2+2H_2O = H_2SO_4 +H_2)$$

ويتفاعل أكسيد النيتروجين مع الماء لتكون حمض النتريك.

يتفاعل ثاني أكسيد الكربون مع الماء ليكون الحمض الكربوني.

$$(CO_2+H_2O = H_2CO_3)$$

كما يتفاعل الكلور مع الماء ليكون حمض الهيدروكلوريك.

تلوث الهواء العابر للحدود البعيد المدى:-

وبذلك تتكون الأمطار الحامضية من تفاعل الغازات المحتوية على الكبريت وأهمها ثاني أكسيد الكبريت SO_2 مع الأكسجين O_2 بوجود الأشعة فوق البنفسجية الصادرة عن الشمس وينتج ثالث أكسيد الكبريت SO_3 الذي يتحد بعد ذالك مع بخار الماء H_2O الموجود في الجو ليعطي حامض الكبريت H_2SO_4 ، ويمكن أن يتحد مع بعض الغازات في الهواء مثل النشادر وينتج مركب جديد هو كبريتات النشادر الذي يبقى معلقا في الهواء على شكل رذاذ دقيق تنقله الرياح من مكان إلى آخر وعندما تصبح الظروف ملائمة لسقوط الأمطار فان رذاذ الكبريت ودقائق كبريتات النشادر يذوبان (ينحلان) في ماء المطر ويسقطان على الأرض بهيئة المطر الحامضي وهو غير صالح للشرب والاستخدام البشري نتيجة لشدة مرارته وارتفاع نسبة ملوحته.

وتشترك أيضا اكاسيد النتروجين NO,NO_2 مع اكاسيد الكبريت SO,SO_2 في تكوين هذه الأمطار، حيث تتحول اكاسيد النيتروجين بوجود الأكسجين والأشعة فوق البنفسجية (كوسيط في المعادلات الكيميائية المعبرة عن التفاعل) إلى حامض النيتروجين، ويبقى مثل غيره معلقا في الهواء الساكن أو يسير مع تيارات الهواء إلى تصبح الظروف ملائمة لهطول المطر لتذوب فيه مكونة الأمطار الحامضية ذات الطعم اللاذع.

الضباب الدخاني:

وهو نوع من الضباب لونه غالبا بني ويحدث في المدن الكبرى المزدحمة بالسيارات أو المصانع حيث ينتج من تفاعل أكسيد النتروجين مع الهيدروكربونات بوجود ضوء الشمس تحت ظروف جوية خاصة في الصيف أو الشتاء مواد سامة مثل رباعي الاستيل بروكسين وغاز الأوزون وباتحاد هذه المواد تُكَونُ ما يعرف بالضباب الدخاني، حيث ينحل بماء المطر عند هطوله ليشكل الأمطار الحامضية.

وله آثار ضارة على الكائنات الحية عامة والإنسان خاصة. حيث يتسبب المطر الحامضي والضباب الدخاني في احتقان الأغشية المخاطية وتهيجها والسعال وتلف الأنسجة عند الإنسان، وتؤثر سلبا على النباتات ذات المحاصيل الموسمية فهي تجرد الأشجار من أوراقها وتحدث خللا في التوازن الشاردي للتربة وبالتالي يضطرب الامتصاص في الجذور والنتيجة حدوث خسارة في المحاصيل وموت الغابات، وهذا بدوره يؤثر سلبا على الحيوانات العاشبة وبالتالي تتأثر الحيوانات اللاحمة، وقد لوحظ موت القشريات والأسماك الصغيرة في البحيرات المتحمضة. ولابد من الإشارة أن النظام البيئي لا يستقيم إذا حدث خلل في عناصره المنتجة أو المستهلكة أو المفككة.

كانت مشكلة الأمطار الحامضية تعتبر من المشاكل المحلية، إلا أنها اليوم أصبحت مشكلة عالمية بسبب تأثيرها في مناطق شاسعة من العالم. حيث بدأت الأضرار التي سببتها هذه الأمطار في الدول الاسكندنافية وذلك في الستينيات من القرن الماضي، ثم في أمريكا الشمالية.

فقد كانت الإجراءات التي قامت بها الدول الصناعية آنذاك لغرض السيطرة على تلوث الهواء في مدنها، هي إجراءات فعالة في تحسين نوعية الهواء في تلك المدن، إلا أن هذه الإجراءات أدت في الوقت نفسه، ومن دون أي قصد إلى نقل الملوثات عبر الحدود في أوربا وأمريكا الشمالية.

واهتمت بريطانيا حينها بموضوع التخلص من التلوث الكبريتي وصار استخدام المداخن المرتفعة هو احد السبل التي تساعد على اختزال نسبة التلوث لهذا المركب، ولكن كان ذلك على حساب الدول الاسكندنافية المجاورة، حيث كانت هذه المداخن تنفث محتوياتها عبر بحر الشمال مما سببت أضرارا كبيرة في أنهار تلك الدول بسبب تحميض مياه الأنهار من جراء سقوط الأمطار على تلك المناطق، لأن ثاني اوكسيد الكبريت (SO_2) واكاسيد النتروز (NOx) يتم حملها

عن طريق الرياح من الجزر البريطانية وبلجيكا وألمانيا وفرنسا وبولندا إلى شمال أوربا وخاصة إلى الدول الاسكندنافية.

وهذه الاكاسيد هي أول مسببات الأمطار الحامضية، فضلا عن أن ما يقارب ثلثي اكاسيد الكبريت وربع اكاسيد النتروز هي من انبعاثات محطات توليد الطاقة الكهربائية والتي تعتمد بصورة أساسية على وقود الفحم الذي يعتبر من أكثر أنواع الوقود تلويثا للبيئة، وهذا ما بينته وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة الأمريكية (US-EPA).

ودلت الأبحاث العلمية على أن البحيرات في أوربا وأمريكا الشمالية تسجل زيادة مستمرة في مستويات الحموضة فيها إلى الحد الذي هلكت معه الكميات الطبيعية من الأسماك، وان الأمر لم يتوقف إلى حد الدول الاسكندنافية وأمريكا الشمالية فحسب بل شمل أيضا اليابان في آسيا وأفريقيا وأمريكا اللاتينية حيث ظهرت مؤشرات على تلوث الهواء وتحميض البيئة في تلك البلدان.

وهناك دول أخرى مدرجة ضمن قائمة الدول الأكثر عرضة من غيرها لهذا الخطر وهي الصين والبرازيل وكولومبيا والإكوادور وفنزويلا. وذلك كون الأمطار الحامضية تتكون وتنشط حيثما وجد نشاط في تلك الدول يساعد على تفاعل بعض ملوثات الهواء كأكاسيد الكبريت وأكاسيد النتروجين وأكاسيد الكاربون مع قطرات بخار الماء في الغلاف الجوي، فيتكون بذلك حامض الكبريتيك وحامض النتريك والكاربونيك التي تتساقط على التربة والنباتات والأبنية خاصة الأثرية منها ملحقة بها أضرارا جسيمة.

أما اهم مخاطر الأمطار الحامضية فهي:-

أولا: إن تصاعد الغازات بفعل محطات القوى والصناعات الأخرى المختلفة في دولة معينة، وانتقالها مع الهواء فوق دول أخرى واتحادها مع الغيوم يؤدي إلى

تساقط المطر الحامضي على تلك الدول، وهذا ما تعانيه كندا من جراء مداخن المصانع الأمريكية وما تعانيه الدول الاسكندنافية من المداخن البريطانية.

ثانيا: تسبب الأضرار بالأبنية وخاصة الأثرية كونها مبنية بالحجر الجيري، ومنها على سبيل المثال الأهرامات المصرية، وتاج محل في الهند وبرج لندن.

ثالثا: تسبب تآكل المعادن وصدأها في الأبنية والجسور والخزانات الكبيرة وغيرها.

رابعا: زيادة التصحر في الأراضي وإتلاف الغابات، حيث أن خسارة ألمانيا وحدها من الغابات والأخشاب بسبب الأمطار الحامضية يقدر بـ 800 مليون دولار سنويا.

خامسا: يؤدي تساقط رذاذ الحامض مع الجليد في المناطق الباردة إلى انتقال الأحماض إلى المسطحات المائية بعد ذوبان الجليد مما يسبب هلاك الثروة السمكية والموت البيولوجي للكثير من الأنهار والبحيرات.

المبحث الثاني:

الجهود الدولية في معالجة الأمطار الحامضية:

نتيجة للأضرار التي تعرضت لها بعض الدول من جرّاء الأمطار الحامضية، وتجنبا لما قد يحدث مستقبلا بفعل تلك الأمطار، فقد اتجهت الدول إلى التعاون مع بعضها للحد من تلك المخاطر من خلال بذل الجهود المشتركة خاصة من قبل دول شمال أوربا وأمريكا الشمالية، فضلا عن الدول الآسيوية كونها لم تكن بمنأى عن هذه المخاطر والمتمثلة بالأمطار الحامضية.

وأهم هذه الجهود هي، الجهود الأوربية والجهود الأمريكية والجهود الأسيوية:

المطلب الأول:

الجهود الأوربية:

تمثلت هذه الجهود بشكل رئيس في اتفاقية جنيف لعام 1979 بشأن تلوث الهواء العابر للحدود البعيد المدى. وتم عقدها من قبل أكثر الدول تضررا من الأمطار الحامضية وهي دول شمال أوربا وذلك من اجل حماية بيئة تلك الدول من خلال الحد من تلك الأمطار. وألحقت هذه الاتفاقية بعدد من البروتوكولات لتعزيز تنفيذها وتحقيق الهدف من وراء عقدها.

فعلى خلفية الأضرار التي سببتها الأمطار الحامضية لبحيرات وانهار الدول الاسكندنافية، وعند تأكيد الأبحاث العلمية لحقيقة أن مصادر هذه الملوثات تأتي من خارج الحدود، فقد سعت هذه الدول إلى البحث عن طريقة للتعاون الدولي للحد من الأمطار الحامضية المتكونة نتيجة انبعاثات غاز ثاني اوكسيد الكبريت واكاسيد النتروجين ونقلها بفعل الهواء إلى دولها مكونة سقوط هذه الأمطار. وقد استمرت هذه الدول بمساعيها الرامية إلى إيجاد حل للمشكلة، ومن ضمن ما لجأت إليه هو وضع هذه المشكلة على جدول أعمال مؤتمر البيئة البشرية الذي عقد في استوكهولم عام 1972 إلا أن محاولتها هذه فشلت، ثم لجأت هذه الدول إلى العديد من التأكيدات العلمية التي تبين وتكشف مدى خطورة هذه المشكلة.

وفي عام 1975 عقد مؤتمر الأمن والتعاون الأوربي في هلسنكي وبمشاركة كندا والولايات المتحدة الأمريكية وجميع الدول الاوربية عدا ألبانيا، وانبثق عن هذا المؤتمر ما يسمى باتفاق هلسنكي الذي دعا إلى "حث الدول على تطوير وتقنين وتنفيذ القانون الدولي كوسيلة للمحافظة على البيئة البشرية".

كما أكد هذا الاتفاق على حماية البيئة وتحسينها وحماية المصادر الطبيعية لصالح الأجيال الحاضرة والمقبلة، وهذا ما يدعو الية مبدأ التنمية المستدامة. إضافة إلى التأكيد بأن حماية البيئة هي من أولى الأولويات التي يفترض الاهتمام بها كونها من يحقق رغبات الشعوب في التنمية وتطوير الاقتصاد، كما اخذ هذا الاتفاق بعين الاعتبار المبدأ 21 من إعلان استوكهولم للبيئة البشرية لعام 1972.

إن اتفاقية جنيف لعام 1979 بشأن تلوث الهواء العابر للحدود البعيد المدى، تعتبر اتفاقية إطارية تتضمن مجموعة من المبادئ أكثر من كونها التزامات، لذلك ألحقت هذه الاتفاقية بثمانية بروتوكولات تتضمن التزامات محددة لضمان تنفيذها.

وتعد هذه الاتفاقية من أهم الخطوات التي تم اتخاذها في مجال تحسين البيئة ونوعية الهواء في أوربا، وهدفها الأساس هو حماية البيئة من التلوث وتحديده وخفضه تدريجياً أو منعه، واهم الالتزامات المقررة بموجب هذه الاتفاقية هي:

اولاً: حددت المادة 2 من الاتفاقية الالتزام العام للدول الأطراف الذي يكمن في حماية البشر والبيئة من التلوث، وان تسعى هذه الدول إلى تحديد التلوث كلما كان ذلك ممكنا والى خفضه ومنعه ومن ضمنها تلوث الهواء العابر للحدود البعيد المدى.

ثانياً: دعت المادة 3 الأطراف، وضمن إطار عمل الاتفاقية إلى وجوب تبادل المعلومات والمشاورات والبحث والمراقبة وتطوير خططهم وسياساتهم دون أي تأخير بالشكل الذي يخدم وسائل مكافحة تفريغ الملوثات في الهواء، اخذين في اعتبارهم الجهود المبذولة على المستوى الوطني والدولي.

ثالثاً: أما المادة 4 من الاتفاقية، فقد اوجبت على الأطراف تبادل المعلومات ومراجعة سياساتهم وانشطتهم العلمية والإجراءات الفنية التي تهدف إلى مكافحة تفريغ الملوثات في الهواء كلما كان ذلك ممكنا.

رابعاً: وبموجب المادة 5، اوجبت الاتفاقية على الأطراف إجراء المشاورات في مراحل مبكرة بين الطرف الذي هو حقيقة متأثر أو انه يتعرض إلى مخاطر حقيقية من خلال تلوث الهواء العابر للحدود البعيد المدى والطرف الذي يكون مصدرا لهذا التلوث.

أما أهم البروتوكولات الملحقة باتفاقية جنيف لعام 1979 بشأن تلوث الهواء العابر للحدود البعيد المدى، فهي:

أ. بروتوكول جنيف لعام 1984.
ب. بروتوكول هلسنكي لعام 1985.
ج. بروتوكول صوفيا لعام 1988.
د. بروتوكول جنيف لعام 1991.
ه. بروتوكول أوسلو لعام 1994.
و. بروتوكولات ارهاس لعام 1998.
ز. بروتوكول غوتنبرغ لعام 1999.

المطلب الثاني:

الجهود الأمريكية:

تدور قضية تلوث الهواء، وتحديدا الأمطار الحامضية، في أمريكا الشمالية بين الولايات المتحدة وكندا، وان كندا تعاني أكثر مما تعانيه أية دولة من تساقط الأمطار الحامضية عليها، وذلك بسبب الهواء الملوث العابر إليها من الولايات المتحدة. وأكدت الدراسات التي أجريت على نوعية الهواء بين البلدين بأن كندا

تعاني من هذه المشكلة بشكل خاص حيث أن نصف ما يتساقط على كندا من الأحماض مصدره الولايات المتحدة، كما أن كندا ايضا تتسبب في سقوط مثل هذه الأمطار على الولايات المتحدة ولكن بنسبة أقل تصل إلى 20٪ من تلك التي تتسبب بها الولايات المتحدة عليها.

وعلى صعيد الجهود المبذولة في الحد من هذه المشكلة، فقد كانت هناك مفاوضات بين البلدين المعنيين منذ السبعينيات من القرن الماضي، والتي تمخض عنها التوقيع على مذكرة التفاهم بين البلدين بشأن تلوث الهواء العابر للحدود في عام 1980. وتشكلت بموجب هذه المذكرة بعثتين، تعين بعثة من كل دولة وتكون مختصة بدراسة مشكلة الأمطار الحامضية بشكل خاص. وقد أصدرت هاتين البعثتين تقريرهما المشترك والذي قامت كندا بموجبه بتخفيض انبعاثاتها من غاز ثاني اوكسيد الكبريت إلى 50٪، ولم تفعل الولايات المتحدة الشيء ذاته بل جعلت التزامها بتخفيض نفس النسبة مرهون بتقديم المزيد من المعلومات.

ولذلك، فقد كانت المفاوضات بين البلدين تمر بمرحلة حرجة في الثمانينيات من القرن الماضي، حيث أعلنت الإدارة الأمريكية بأنها مستعدة حينها للاتفاق على دراسة المشكلة فقط، غير أن الولايات المتحدة أصدرت في عام 1990 قانونا لنظافة الهواء، تضمن هذا القانون أهم الإجراءات الواجب اتخاذها لتخفيض ثاني اوكسيد الكبريت واكاسيد النيتروجين، وكان هذا القانون ممهدا لعقد الاتفاقية الثنائية بشان نوعية الهواء بين البلدين عام 1991.

وتضمنت هذه الاتفاقية ديباجة و16 مادة وملحقين، كان الملحق الأول حول مشكلة انبعاثات ثاني اوكسيد الكبريت وأكاسيد النتروجين، أما الثاني فيتعلق بالتعاون في البحث ومراقبة النشاطات.وأكدت الاتفاقية في ديباجتها بان تلوث الهواء العابر للحدود يمكن أن يتسبب في اضرار بالغة الخطورة على البيئة واقتصاديات الدول وصحة البشر في كل من الدولتين، وأكدت على التعاون في مجال خفض الانبعاثات وعلى المبدأ 21 من إعلان استوكهولم للبيئة البشرية لعام

1972، وبينـت المادة 2 مـن هـذه الاتفاقيـة الغـرض مـن عقـدها بأنـه الحـد مـن تلـوث الهواء العابر للحدود بين البلدين وذلك من خلال أداة عملية وفعالة للعمل على تحقيق هذا الهدف.

أما الالتزامات العامة التي فرضت على الولايات المتحدة والتي جاءت بها الاتفاقية الثنائية بشان نوعية الهواء بين الولايات المتحدة وكندا عام 1991 فهي:

1. خفض انبعاثات ثاني اوكسيد الكبريت السنوية بمقدار 10 مليون طن اقل من مستوى عام 1980 بحلول عام 2000.
2. الوصول إلى غطاء وطني ثابت من الانبعاثات بمقدار 8،95 مليون طن من ثاني اوكسيد الكبريت في السنة لمحطات الطاقة الكهربائية بحلول عام 2010.
3. الإعلان عن معايير إضافية إذا ما بينت إدارة وكالة حماية البيئة إن انبعاثات ثاني اوكسيد الكبريت السنوية من المصادر الصناعية من الممكن أن تتجاوز 5،6 مليون طن.
4. الموافقة على معايير فنية معتمدة لخفض انبعاثات اكاسيد النتروجين Nox من المصادر الثابتة والمتحركة.

بينما كانت الالتزامات المفروضة على كندا بموجب هذه الاتفاقية كالآتي:

1. خفض انبعاثات الكبريت في سبع من المقاطعات الشرقية إلى 2،3 مليون طن بحلول عام 1994 والمحافظة على هذا الغطاء حتى عام 1999.
2. الوصول إلى غطاء وطني ثابت بمقدار 3،2 مليون طن سنويا بحلول عام 2000.
3. خفض انبعاثات اكاسيد النتروجين Nox من المصادر الثابتة بمقدار 100 الف طن سنويا بحلول عام 2000.
4. الموافقة على معايير فنية معتمدة ومحددة لخفض انبعاثات اكاسيد النتروجين Nox من المصادر المتحركة.

المطلب الثالث:

الجهود الآسيوية:

هناك 15 مدينة في قارة آسيا تعتبر من أكثر المدن تلوثاً في العالم، حيث أن الكميات الكبيرة من الفحم التي تحرق في الصين تكوّن ضبابا يغطي اليابان. ففي قارة آسيا هناك استخدام متزايد للوقود الاحفوري من قبل العديد من المدن الملوثة. كما أن هذه القارة هي أكثر عرضة للتلوث من غيرها بفعل أسباب أخرى مثل الكوارث الطبيعية الناجمة عن احتراق الغابات وكذلك النمو المتزايد في الصناعات فضلا عن عدم الاهتمام الكافي بالبيئة من قبل دول هذه القارة.

ففي عامي 1997 و1998 اجتاحت غابات اندونيسيا وبروناي حرائق نجم عنها سديم كثيف لوث الغلاف الجوي وتسبب في مشاكل خطرة ليس فقط في دول المصدر لها بل في دول جنوب شرق آسيا الأخرى كذلك، مما دعا بالدول المعنية إلى الاستجابة لهذه الكارثة حيث غطى السديم عدة دول، فقامت الهيئة الإقليمية لتطهير السديم بدعوة أعضاء رابطة دول جنوب شرق آسيا إلى السيطرة على حرائق الغابات ومنعها.

ووقعت هذه الدول في عام 2002 على مذكرة تفاهم مع برنامج الأمم المتحدة للبيئة بشأن التعاون في إدارة البيئة حيث تمخض عن هذه المذكرة عقد اتفاقية تلوث السديم العابر للحدود في كوالالمبور عام 2002.

وعرفت هذه الاتفاقية السديم بأنه / الدخان الناتج من اليابسة أو من حرائق الغابات الذي ينجم عنه آثار ضارة على الطبيعة ويعرض صحة البشر للخطر ويضر بمصادر الحياة والنظام البيئي والممتلكات المادية، كما انه يقوم بإتلاف النِعم والتدخل في الاستخدامات الشرعية الأخرى للبيئة.

وأهم الالتزامات التي جاءت بها هذه الاتفاقية والتي فرضتها على أطرافها هي

1. تطوير وتنفيذ الإجراءات الدولية ذات العلاقة بالسيطرة على مصادر الحريق واتخاذ كافة الإجراءات التحذيرية والمنع كلما كان ذلك ضرورياً.
2. التعاون الفني فيما بين الأطراف، والمتمثل بالتدريب والتوعية في هذا المجال والعمل على نشر جوانب التثقيف والتعليم في نطاق مخاطر السديم الملوث وآثاره على الإنسان والبيئة.
3. اتخاذ الإجراءات الكفيلة بمنع الحرائق ومراقبة خطر اتساعها إلى مساحات أخرى.

ثانيا:

استنفاد طبقة الأوزون:

اهتم المجتمع الدولي بالمشاكل التي تتعرض لها طبقة الأوزون، كونها تعد الدرع الواقي للأرض من خطر الأشعة فوق البنفسجية القادمة من الشمس فلا تسمح بمرورها إلا بالقدر المطلوب.

ونتيجة لأهمية طبقة الأوزون من حيث إنها تهم الدول جميعا وان المخاطر التي تتعرض إليها هذه الطبقة ستشمل الجميع، فقد عقدت الاتفاقيات الهادفة إلى حماية هذه الطبقة من خطر التلوث الذي يؤدي إلى استنفادها.

عليه قسم هذا الفصل إلى مبحثين وعلى النحو الآتي:-

المبحث الأول: استنفاد طبقة الأوزون ومخاطره على الغلاف الجوي.

المبحث الثاني: الجهود الدولية في معالجة استنفاد طبقة الأوزون.

المبحث الأول:

استنفاد طبقة الأوزون ومخاطره على الغلاف الجوي:

كلمة الأوزون (ozone) هي كلمة يونانية وتعني الشم، ويتركب من ثلاث ذرات أوكسجين والذي اكتشف في عام 1785 من قبل Matinus، اما طبقة الأوزون فقد اكتشفت من قبل الفيزيائي البريطاني W. N. Hartley، ويتواجد غاز الأوزون بكمية قليلة في الغلاف الجوي وهو على علو يتراوح بين (18 – 85) كم ويكون تركيزه أكثر في منطقة ارتفاعها يتراوح بين (18– 35) كم.

وتكمن الوظيفة الأساسية لطبقة الأوزون في حماية الحياة (المملكة الحيوانية والنباتية) على كوكب الأرض من تأثيرات الأشعة فوق البنفسجية، حيث تعكس طبقة الأوزون بعض الأشعة فوق البنفسجية، وتصل إليها موجات الأشعة فوق البنفسجية بثلاثة أنواع (أطوال): الموجة الطويلة UV-A يتراوح طولها ما بين 320– nm400، والموجة المتوسطة UV-B يتراوح طولها ما بين 290– nm320، والموجة القصيرة UV-C يتراوح طولها ما بين 200– nm290. إن الموجة UV-A، UV-B قليلة الضرر والموجة UV-C هي الخطرة على الحياة وعندما يقل سمك طبقة الأوزون أو يتآكل جزء منها مكوناً ثقوباً سوداء فيها تسمح بمرور الأشعة فوق البنفسجية إلى الأرض، ويؤثر مباشرة على مجمل جوانب الحياة وعلى مصادر الحياة (الماء). وطبقة الأوزون تؤثر عليها العوامل الطبيعية ايضا (كالبراكين، النيازك) ويعتبر ما حدث لمكونات الغلاف الجوي هو نتيجة النشاط البشري الذي أدى وسيؤدي إلى إضعاف أو تهديم دور طبقة الأوزون في حماية الحياة (الحيوانية والنباتية) ويمن فيها الإنسان على كوكب الأرض.

إن التأثير البالغ الذي تتعرض له طبقة الأوزون يأتي بالدرجة الأساس نتيجة لانبعاث مركبات الكلوروفلوروكاربون (CFCs) في الغلاف الجوي، وهذا الأمر الذي أدى إلى استنفاد هذه الطبقة الواقية للكرة الرضية. ولهذا الاستنفاد

مخـاطره علـى البيئـة بصورة عامـة فضلا عـن مخـاطره علـى صحة الإنسـان بصورة خـاصة.

وأصـبحت طبقـة الأوزون قضـية عالميـة، حيـث ينصـب اهتمـام الشـعوب في مختلف بلدان العالم عليها للمخاطر التي تنطوي عليها وتنذر به مختلف الكائنات الحية على سطح الأرض من إنسان ونبات وحيوان.

وبمـا أن طبقـة الأوزون هـي جـزء مـن الغـلاف الجـوي الـذي يحـيط بـالكرة الأرضية فهـذه الطبقـة مثلـها مثـل أي شئ طبيعـي تعتمـد فاعليتهـا علـى التـوازن الصحي للمواد الكيميائية.

ولكن أمام طموحات الإنسان التي تصل إلى حد الدمار جعل من هذه المواد الكيميائية مادة تساعد على إتلاف بل وتدمير طبقة الأوزون.

إن غـاز الأوزون يوجـد بشـكل أسـاس في طبقـة السـتراتوسـفير وهـو المكـون الرئيس لها، لذا تسمى هذه الطبقة ايضا بطبقة الأوزون. وهذا الغاز يستنفد بصورة طبيعيـة نتيجـة للتفـاعلات الطبيعيـة بـين مكونـات الغـلاف الجـوي، ولكـن اسـتنفاده بهـذه الطريقـة يـتم تعويضـه بفعـل التفـاعلات الكيميائيـة الـتي تحـدث بفعـل ضـوء الشمس فوق المناطق الاستوائية وقد ينتقل بعضا منـه فوق القطبين نتيجـة لـدوران الهواء.

إن توازن كميات الأوزون الموجودة في الغلاف الجـوي يـأتي مـن هـذه العمليـة، حيـث تجعـل غـاز الأوزون الموجـود يكفـي للقيـام بوظائفـه المتمثلـة بالمحافظـة علـى الأرض من تـأثيرات الأشعة فوق البنفسجية حيث تقوم طبقـة الأوزون بامتصاصها. إلا أن الأنشطة المختلفة الـتي تقـوم بهـا بعـض الـدول أدت إلى اسـتنفاد طبقـة الأوزون مـن خـلال إطـلاق الملوثـات في الغـلاف الجـوي، كـون هـذه الملوثـات تؤدي إلى التـأثير على النسب الطبيعية المحددة والمتوازنـة للغـازات الموجودة في الغـلاف الجـوي وخاصـة غـاز الأوزون مـن خـلال إطـلاق مركبـات الكلوروفلوروكـاربون (CFCs) الـتي تعمـل

على امتصاص غاز الأوزون وكذلك المركبات الدخانية ، بخاخات إزالة الرائحة من الجسم، بخاخات مبيدات الحشرات ، الغازات المستخدمة في أجهزة التبريد ومواد حفظ الأطعمة والمواد العازلة والمواد المذيبة والمنظفات المنزلية.

لقد اثبت العلماء من خلال استكشافاتهم بأن الغازات المؤثرة على استنفاد طبقة الأوزون بالإضافة إلى مركبات الكلوروفلوروكاربون (CFCs) هي، الهالونات والميثان واكاسيد النتروجين وثاني اوكسيد الكاربون، والمصدر الرئيس لهذه الغازات هي النشاطات البشرية، وتعتبر هذه الانبعاثات مصدر خطر كبير يهدد طبقة الأوزون وتعمل على استنفادها تدريجيا.

وان التخلص من ظاهرة استنفاد هذه الطبقة يكمن في كيفية منع حصول زيادة في تراكيز تلك الغازات ومعالجتها عند حصولها لم يتأكد العلماء ولغاية عام 1974 من أن المركبات الكيميائية المحتوية على مركبات الكلوروفلوروكاربون قد يؤدي الى تحطيم جزيئات الاوزون في طبقة الستراتوسفير من عدمه. غير ان الدراسات اكدت فيما بعد بأن استخدام مركبات الكلوروفلوروكاربون المستمر هو السبب الرئيس في استنفاد طبقة الاوزون.

ان عالمية مشكلة استنفاد طبقة الاوزون يأتي من الضرر البيئي الذي اصاب الغلاف الجوي الذي لا يستطيع احد ان يدعي ملكيته او حيازته، كما لا يستطيع احد في الوقت ذاته ان يتنكر لأهمية هذا الغلاف الجوي كون الضرر الذي يصيبه لا يستثني احد على وجه الارض، فهو من المشتركات العالمية التي يشترك الجميع في فيه دون استثناء، فالضرر الذي يصيبه يوجب على الجميع المساهمة الجادة في معالجته.

ففي عام 1988 اعلن مائة خبير ينتمون الى دول متعددة، ان طبقة الاوزون الموجودة حول الكرة الأرضية بأكملها تستنفد بشكل اكبر مما هو متوقع لها، فقد هبط متوسط تركيز الاوزون بنسبة 2٪ تقريبا ما بين عامي 1969– 1986.

حيـث كلمـا قـل تركيـز الاوزون في الغـلاف الجـوي كلمـا زاد نفـاذ الاشـعة فـوق البنفسجية الى الارض وهذا يسبب أخطارا كبيرة على البيئة والانسان معا.

وفي عـام 1977 قـام برنـامج الامـم المتحـدة للبيئـة بالتعـاون مـع منظمـة الارصاد الجوية واللجان العلمية والصناعية بتنسيق الجهود الدولية للوصول الى حماية قانونية شاملة لطبقـة الاوزون والـتي أسـفرت عـن عقـد اتفاقيـة فينـا لحمايـة طبقة الاوزون عام 1985 التي الحقت ببروتوكول مونتريـال عـام 1987 بشان المواد المستنفدة لطبقة الاوزون.

أما أبرز المضاعفات الناجمة من تآكل طبقة الأوزون فهي:-

- زيادة درجة حرارة الأرض يساعد علـى زيادة نسبة التفـاعلات الكيميائيـة للمـواد المكونة مـن التربـة ولاسـيما الأمـلاح ويسـاعد ذلـك علـى سـرعة عمليـات التعريـة والتآكـل وبالتـالي إلى فقـدان الأرضيـة الخصـبة للغطـاء النبـاتي والى تـراجعهـا وانقـراض العديـد منهـا وتهيئـة الأجـواء لزحـف التصحـر علـى مثـل تلـك المنـاطق، لاسيما الجافة.
- تلويـث مصـادر الميـاه السـطحية والجوفيـة وتغيرهـا كمـاً ونوعـاً بفعـل تغيـر مكونـات وظـروف تسـرب مصـادر الميـاه الجوفيـة المتمثلـة بـالأمطار والثلـوج والـي زيـادة نسـبة التبخـر علـى حسـاب انخفـاض نسـبة تسـرب الميـاه إلى تحـت سـطح الأرض مـع زيـادة نسبة الأملاح فيها.
- تـراجع الغطـاء النبـاتي والغابـات سـوف يزيـد مـن تـأثير التلـوث لاسـيما الرصـاص الأبيض، حيث تتمكن شجرة واحدة مـن امتصـاص الرصـاص المنبعـث مـن (120 كيلوغراماً) مـن البنـزين المحـترق وان (كيلـومتراً مربعـاً مـن الأشـجار) يمـتص يوميـا مـن (12– 15 كيلـو غرامـاً مـن اوكسـيد الكـاربون)، كمـا تقـل أعـداد البكتريـا بحـوالي 200 مـرة في المنـاطق الـتي تنتشـر فيهـا النباتـات والمسـطحات الخضراء.

- زيادة نسبة المصابين بالسرطان في المناطق التي تقع تحت الثقوب السوداء لطبقة الأوزون كما هو الحال في أمريكا واستراليا، حيث يصاب كل فرد من 2100 شخص بالسرطان، في تلك المناطق.
- زيادة مخاطر استخدام المواد الغذائية في المناطق التي تقع تحت تأثير الثقوب السوداء لطبقة الأوزون مثل أمريكا الشمالية، كندا، السويد، الدانمارك، النرويج روسيا واستراليا.
- ظهور بوادر تأثير طبقة الأوزون في المناطق الجافة الحارة التي تستعمل فيها تكنولوجيا التبريد نتيجة زيادة استخدام (فريون 12) الذي يؤثر على طبقة الأوزون، كما هو الحال مثلا في اليمن الذي يستهلك سنويا حوالي 332 طناً من غاز الفريون 12، وان ظروفها الاقتصادية ليس بالدرجة التي تتمكن من البحث عن بدائل تقنيات حديثة في مجال التبريد ومعدات لا تؤثر سلبا على الأوزون.

المبحث الثاني:

الجهود الدولية في معالجة استنفاد طبقة الأوزون:

إن حساسية هذه الطبقة لفعاليات البشر التقنية والعواقب الوخيمة لأزالتها قد تم الكشف عنها في السنوات القليلة الماضية ومن خلال أبحاث أجريت على تفاعلات كيميائية لم يفطن إليها احد من قبل على الرغم من أنها تجري على ارتفاع أكثر من عشرين ميلا فوق سطح الأرض. ولحسن الحظ جاءت هذه المعارف الجديدة في الوقت المناسب لتطوير فهم أعمق لطبقات الهواء العليا ولاتخاذ الخطوات اللازمة لصيانة طبقة الأوزون من خراب غير مقصود.

وقد ثار جدل واسع بين العلماء حول نوعية وكمية المركبات الكيميائية المختلفة التي تصل لطبقة الاستراتوسفير والتي تؤثر فعلا في طبقة الأوزون. فهناك فريق يرى أن الكلور الناتج من استخدام مركبات الكلوروفلوروكربون هو جزء يسير إذا ما قورن بالكلور الناتج من عمليات طبيعية مختلفة (قدر البعض كمية الكلور

المنبعث إلى الهواء نتيجة التبخر الطبيعي لمياه البحر بحوالي 600 مليون طن سنويا والكلور الناتج من ثورات البراكين بحوالي 804 مليون طن سنويا وكل هذا في مقابل 750,000 طن من الكلور الناتج من استخدام مركبات الكلوروفلوروكربون). وبالإضافة إلى هذا، هناك جدل حول دور العوادم الناتجة من الطائرات. التي تطير على ارتفاعات كبيرة (أي على مقربة من طبقة الاستراتوسفير) والتي تحتوي على كميات كبيره من اكاسيد النيتروجين التي تقوم بدور حافز في تدمير جزيئات الأوزون.

من ناحية أخرى ثار جدل واسع في السبعينيات حول آثار برنامج الفضاء الأمريكي (وغيره) على طبقة الأوزون حيث أن الوقود المستخدم في الصواريخ التي تحمل مركبات الفضاء هو من الوقود الصلب الذي ينتج عن احتراقه كميات كبيره من الملوثات المختلفة. إن كميات الكلور التي تصل إلى الاستراتوسفير لا يمكن التقليل من شأنها وآثارها على طبقة الأوزون خاصة وان عدد رحلات المركبات الفضائية يزيد عاما بعد عام لإرسال أقمار صناعية للاتصالات أو الاستكشافات العلمية.

وبالرغم من التقدم العلمي الكبير في وسائل قياس الكميات الشحيحة من غاز الأوزون، ما زال هناك تضارب واضح في نتائج الدراسات المختلفة المتعلقة بنقص الأوزون في طبقات الجو العليا. فقد أوضحت بعض الدراسات التي أجريت على نتائج الرصد في الفترة من 1969 إلى 1988 انخفاض عمود الأوزون بحوالي 1.7 – 3 ٪ سنويا في نصف الكره الشمالي بين خطي عرض 30 – 64 شمالا. ولكن الدراسات الحديثة التي قامت بها وكالة الفضاء الأمريكية أوضحت أن عمود الأوزون يتناقص بحوالي 0.26٪ سنويا بين خطي عرض 65 شمالا و65 جنوبا. ومؤخرا اوضحت عدة دراسات أن عملية قياس الأوزون يشوبها العديد من الأخطاء بسبب تداخل غازات أخرى مثل اكاسيد الكبريت في عمليات القياس، وبذا وضعت علامات استفهام كبيرة أمام النتائج التي تقول أن عمود الأوزون قد تناقص على مستوى العالم.

وهنـاك نظريـات مختلفـة لتفسـير تكـوين ثقـب الأوزون، بعضهـا يؤكـد أنهـا ظـاهرة جيوفيزيقيـة طبيعيـة بالدرجـة الأولى (لان الثقـب يتكـون في فصـل الربيـع ويتلاشـى في الصـيف)، والـبعض الآخـر يؤكـد أنهـا نتيجـة للتفاعـل مـع المركبـات الكيميائيـة المحتويـة علـى الكلـور والـبروم، وان التفـاعلات تحـدث في الشـتاء بسـبب البرودة الشديدة ومع حلول فصل الربيع يتضح نقص الأوزون (يظهر ثقب الأوزون).

وفي ضـوء هـذه المعلومـات عـن احتمـال حـدوث تآكـل في طبقـة الأوزون اتخـذ المجتمـع الدولـي إجـراءا وقائيـا بوضـع اتفاقيـة فيينـا لحمايـة طبقـة الأوزون عـام 1985. الـتي تـنص علـى تبـادل المعلومـات والبحـوث ونتـائج الرصـد لحمايـة صـحة الإنسان والبيئة من الآثار السلبية التي قد تنتج عن تآكل طبقة الأوزون.

وفي عـام 1987 تم التوقيـع علـى بروتوكـول مونتريـال الـذي وضـع جـدولا زمنيـا للخفـض مـن إنتـاج واسـتهلاك مركبـات الكلوروفلوروكربـون والهـالون الـتي تحفز من تآكل طبقة الأوزون. وفي عام 1990 تم تعديل بروتوكول مونتريال لمنع إنتـاج واسـتهلاك هـذه المركبـات بحلـول عـام 2000 ووضـع جـدول زمـني لمنـع إنتـاج واستهلاك مركبات أخرى مثل رابـع كلوريـد الكربـون. كمـا أدرجـت جميـع البـدائل المؤقتـة لمركبـات الكلوروفلوروكربـون في قائمـة منفصـلة بحيـث يمنـع اسـتخدامها خلال الفترة من عام 2020 إلى عام 2040. وفي نهاية عام 1992 اتفقت الدول على الإسراع في منع إنتاج واستخدام جميع هذه المركبـات قبل عـام 2000. ولكن في عـام 1993 أعـدت بعـض الـدول الأوربيـة قائمـة باسـتخدامات ضـرورية تـرى انـه لا يمكـن الاستغناء فيها عن بعض مركبات الكلوروفلوروكربون (مثل بعض الرذاذات لعلاج حالات الربو) أو عن الهالونات (بعض أجهزة الإطفاء على الطائرات أو في القطارات). وتطالب هذه الدول باستثناء هذه الاستخدامات من المنع الذي نص عليه بروتوكول مونتريـال. ولكـن في الاجتمـاع الأخـير لـدول بروتوكـول مونتريـال الـذي عقـد في أكتوبر، تمت الموافقة على ثلاثة استثناءات فقط: الاستخدام في رذاذ أدوية الربو، معايرة بعض الأجهزة، وعمليات تنظيف أجهزة مركبات الفضاء.

كيمياء الأوزون في طبقات الجو العليا:

هناك ملاحظة دقيقة لقوس قزح تؤكد أن في ضوء الشمس كافة الألوان المرئية من اللون الأحمر حتى اللون البنفسجي. وبالإضافة إلى هذه الألوان المرئية فان في ضوء الشمس أشعة غير مرئية: تحت الحمراء التي تتميز بطول موجاتها وقلة طاقتها ثم الأشعة فوق البنفسجية وتمتاز بقصر موجاتها وشدة طاقتها. هذا ومن المدهش حقا أن العلماء قد أدركوا منذ قرن من الزمان أن الأشعة فوق البنفسجية القادمة من الشمس إلينا وفيرة وغزيرة فقط بالأطوال الموجية القريبة من 290 نانو مترا (النانو متر يساوي واحد بالبليون من المتر أو أن المتر اكبر من هذه الوحدة بمقدار ألف مليون مرة).

أما الأشعة فوق البنفسجية ذات الأطوال الموجية الأقصر من 290 نانو مترا فإنها لا تصل إلينا مطلقا، وهذه إحدى أنعم الله تعالى علينا لأن في وصولها هلاك الحياة على سطح الأرض.

لقد أدرك العلماء أخيراً أن غياب الأشعة التي طول موجاتها اقل من 290 نانو مترا ليس بخاصية مميزة للشمس والنجوم (حيث تكشف عن نفس الظاهرة)، لكنه خاصية يتميز بها الجو المحيط بالأرض، حيث يتعين على الضوء أن يخترق هذا الغلاف المحيط قبل وصوله إلى سطح الأرض.

وفي ثمانينيات القرن التاسع عشر أدرك العالم البريطاني هارتلي إن الشكل ثلاثي الذرات للأوكسجين والمعروف بالأوزون O_3 له بالضبط خصائص امتصاص الضوء ذي الأطوال الموجية التي لا تصل إلى الأرض بتاتاً. وكان على حق إذ استنتج أن الأوزون الموجود في طبقات الجو العليا هو المركب الذي يحول دون وصول الأشعة فوق البنفسجية الأقصر طولا من 290 نانو مترا والعالية الطاقة إلى سطح الكوكب الأرض.

وبعد أن أكد العلماء استنفاد طبقة الاوزون في الغلاف الجوي وخطورة ذلك على البيئة وصحة الانسان، أدى ذلك الى انشغال المهتمين بشؤون البيئة بهذا الامر كثيرا. وعليه، قامت بعض الدول بخفض انتاجها من مركبات الكلوروفلوروكاربون التي تعد المسبب الرئيس لاستنفاد طبقة الاوزون وذلك كأجراء وقائي أولي للحد من هذا الاستنفاد، غير ان هذا الاجراء لم يكن كافيا للحد من تعاظم هذه المشكلة. لذلك كانت الحاجة ضرورية لتعاون الدول الجماعي.

فكانت المبادرة من قبل مجلس محافظي برنامج الامم المتحدة للبيئة في دورته التاسعة عام 1981 لبدء العمل لعقد اتفاقية بشأن حماية طبقة الاوزون بالتعاون مع منظمة الأرصاد الجوية واللجان الفنية والقانونية. وقد أسفرت هذه الجهود عن وضع اتفاقية إطارية دولية لحماية طبقة الاوزون وكذلك مشروع بروتوكول بشأن المركبات المستنفدة لطبقة الاوزون.

وفي عام 1985 عقد مؤتمر دولي لإقرار الاتفاقية والبروتوكول، وكان عقد هذا المؤتمر في فينا وبالفعل اقر مشروع الاتفاقية في ذلك العام.

كما اقام برنامج الامم المتحدة للبيئة الى عقد مؤتمر دولي في مونتريال عام 1987 بدراسة إمكانية خفض مركبات الكلوروفلوروكاربون، وقدمت لجنة الخبراء في المؤتمر مشروع بروتوكول بهذا الشأن وتمت الموافقة عليه من قبل الدول المشاركة في المؤتمر.

اتفاقية فينا لعام 1985 بشان حماية طبقة الاوزون:

تم عقد هذه الاتفاقية في فينا عام 1985 ودخلت حيز النفاذ في 1988/9/22. وتوصف هذه الاتفاقية بأنها اتفاقية إطارية، بمعنى أنها وثيقة لها هدف تريد الوصول إليه وذلك بوضع قواعد عامة وليست تفصيلية. وان المقصود بالاتفاقية الإطارية بصورة عامة: هي الاتفاقية التي تتضمن قواعد ومبادئ عامة

تعد نوعا من التوجيهات العامة للأطراف وليست التزامات محددة، ويكون تحديد هذه الالتزامات في بروتوكول مستقل يلحق بالاتفاقية. ولعل من الأسباب التي تدعو الى عقد الاتفاقية الإطارية هو الخشية من عدم انضمام الدول للاتفاقية لترددها في الالتزام كاملا بها لأسباب قد تكون سياسية او عدم رغبتها في التعبير بصورة ايجابية في مجال البيئة بصفة عامة.

اما أهم الالتزامات المقررة في اتفاقية فينا لعام 1985 بشأن حماية طبقة الاوزون فكانت التزامات عامة وأخرى فنية.

أولا: الالتزامات العامة:

1. التعاون في كشف وتقييم الأنشطة البشرية المؤثرة على طبقة الاوزون.
2. تبني التدابير التشريعية والإدارية المناسبة.
3. تنسيق السياسات المناسبة لمراقبة او تحديد او خفض او منع الانشطة التي تكون لها آثار ضارة على طبقة الاوزون.
4. التعاون مع الهيئات الدولية المختصة من اجل تنفيذ الاتفاقية تنفيذا فعالا.
5. وضع التدابير والاجراءات التي يتفق عليها لتنفيذ الاتفاقية.

ثانيا: الالتزامات الفنية:

وتتمثل بتعهد الدول الأطراف بإجراء البحوث وعمليات التقويم العلمية بشأن (العمليات الفيزيائية التي تؤثر في طبقة الاوزون، الآثار الصحية البشرية، الآثار المناخية الناجمة عن حدوث أي تعديلات في طبقة الاوزون، المواد والأنشطة المؤثرة في طبقة الاوزون، المواد التكنولوجية البديلة التي يرجح ان يكون لها تأثير ضار على طبقة الاوزون، المسائل الاجتماعية والاقتصادية ذات الصلة).

استنفاد طبقة الأوزون

مؤتمر مونتريال لعام 1987 بشأن المواد المستنفدة لطبقة الاوزون:

كانـت اتفاقيـة فينـا لعـام 1985 بشـأن حمايـة طبقـة الاوزون قـد دعـت الأطـراف الى اتخاذ الإجـراءات المناسبة لحماية صحة الانسان والبيئة ضد أية آثار ضـارة تحصـل او مـن الممكـن ان تحصـل مـن خـلال الانشـطة البشـرية الـتي تعـدل او تحـاول ان تعـدل مـن طبيعـة طبقـة الاوزون، لـذا اعتمـد هـذا البروتوكـول علـى إطـار العمـل الـذي قدمته الاتفاقية وهو مكملا لها.

ودعا هذا البروتوكول إلى وضع جداول لخفض واستخدام المواد المستنفدة لطبقـة الاوزون والمتمثلـة بمركبـات الكلوروفلـوروكاربون والهـالونات، حيـث طلـب البروتوكول كأجراء مؤقت الى تجميـد مسـتويات مركبـات الكلوروفلوروكـاربون عند مستويات عام 1986 بحلول عام 1989.

ان بروتوكـول مونتريـال يعتمـد بشـكل واضـح علـى العلاقـات الاقتصـادية وكذلك على التفسيرات العلمية المؤكدة، فقد جاء في الديباجة على ان الأطـراف تـدرك أنالتـدابير المتخـذة لحمايـة طبقـة الاوزون مـن الاسـتنفاد ينبغـي ان تسـتند الى المعلومات العلمية.

كمـا أن الأطـراف تعلـن عـن تصـميمها علـى حمايـة طبقـة الاوزون باتخاذهـا للتدابير الوقائية للحد وعلى نحو عادل من الحجم الكلي لانبعاثات المواد المستنفدة لـلأوزون علـى النطـاق العـالمي واضـعة في اعتبارهـا الاحتياجـات الإنمائيـة للبلـدان النامية.

ثالثا:

تغير المناخ:

لعل من أهم وأخطر مشاكل الغلاف الجوي والتي أخذت اهتماما دوليا واسعا، هي مشكلة تغير المناخ أو ما تعرف بظاهرة الاحتباس الحراري، وذلك لما لهذه الظاهرة من آثار خطرة على البيئة بصورة عامة وعلى اقتصاديات الدول بصورة خاصة بعد أن أدرك المجتمع الدولي مدى الاخطار التي تأتي بها هذه المشكلة الخطيرة، لذا عقدت الاتفاقيات الدولية لمعالجتها والحد من آثارها. ولبيان هذه المشكلة وما هي الجهود الدولية التي بذلت من اجل حلها، تم تقسيم هذا الفصل إلى مبحثين:

المبحث الأول: ظاهرة الاحتباس الحراري ومخاطرها على الغلاف الجوي.

المبحث الثاني: الجهود الدولية في معالجة ظاهرة الاحتباس الحراري.

المبحث الأول:

ظاهرة الاحتباس الحراري ومخاطرها على الغلاف الجوي:

من المعروف بأن غازي الأوكسجين والنتروجين يشكلان ما يقارب من 98،99٪ من مكونات الغلاف الجوي، غير انه توجد غازات أخرى تشكل نسب قليلة جدا من الغلاف الجوي ولكن لها تأثيرها الكبير على مناخ الكرة الأرضية وتسمى هذه الغازات (بالغازات الدفيئة) مثل ثاني أوكسيد الكاربون والميثان وأكاسيد النتروجين. وهذه الغازات تعتبر العامل المساعد على الحفاظ على درجة حرارة الأرض، إلا أن زيادة تراكيز هذه الغازات في الغلاف الجوي وخاصة غاز ثاني اوكسيد الكاربون أدى إلى ظاهرة الاحتباس الحراري.

ومن الجدير بالذكر، أن أشعة الشمس التي تسقط على الغلاف الجوي لا تصل كلها إلى سطح الأرض إذ ينعكس حوالي 25٪ من هذه الأشعة إلى الفضاء ويمتص حوالي 23٪ أخرى في الغلاف الجوي نفسه. وهذا معناه أن 52٪ فقط من أشعة الشمس تخترق الغلاف الجوي لتصل إلى سطح الأرض. ومن هذه النسبة الأخيرة نجد أن 6٪ ينعكس عائدا إلى الفضاء بينما يمتص الباقي (46٪) في سطح الأرض ومياه البحار ليدفئها وتشع هذه الأسطح الدافئة بدورها الطاقة الحرارية التي اكتسبتها على شكل اشعة تحت حمراء ذات موجات طويلة. ونظرا لأن الهواء يحتوي على بعض الغازات بتركيزات شحيحة (مثل ثاني أكسيد الكربون والميثان وبخار الماء) من خواصها عدم السماح بنفاذ الأشعة تحت الحمراء فإن هذا يؤدي إلى احتباس هذه الاشعة داخل الغلاف الجوي وتعرف هذه الظاهرة بإسم "الاحتباس الحراري" أو "الأثر الصوبي"، ولولاه لانخفضت درجة حرارة سطح الأرض بمقدار 33 درجه مئوية عن مستواها الحالي، أي هبطت إلى دون تجمد المياه، ولأصبحت الحياة على سطح الأرض مستحيلة.

وتحافظ الغازات الدفيئة الموجودة في الغلاف الجوي على درجة حرارة الارض، فلولا وجود هذه الغازات (بخار الماء والميثان واوكسيد الكاربون واكاسيد النتروجين) لأصبحت درجة الحرارة على الارض منخفضة جدا. وان زيادة كثافة هذه الغازات في الغلاف الجوي جاء نتيجة لتدخل الإنسان من خلال نشاطاته المختلفة كالصناعات وغيرها كالانبعاثات الناجمة عن استخدام الوقود (فحم ونفط وغاز)، فضلا عن الأنشطة الأخرى التي يلجأ إليها الإنسان والتي تؤثر سلبا على توازن البيئة الطبيعي كقطع الأشجار والقضاء على الغابات والأراضي الزراعية التي تعد كمستودعات لامتصاص وتنقية الجو من هذه الغازات. ويعتقد العلماء أن زيادة تراكيز الغازات الدفيئة في الغلاف الجوي نتيجة للنمو الاقتصادي والديموغرافي خلال القرنين الماضيين أي منذ الثورة الصناعية أدت إلى تغيرات مناخية لا يمكن ردها.

فقد أكد تقرير الهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ في عام 2001 على أن الغازات الدفيئة في الواقع تعمل كغطاء للأرض إذ تقوم بموازنة درجات الحرارة، وان زيادة تراكيز هذه الغازات قد جاءت كنتيجة طبيعية لزيادة حجم الأنشطة البشرية. وأن المناخ العالمي قد تغير بالفعل بسبب الزيادة الحاصلة في تراكيز الغازات الدفيئة في الغلاف الجوي، فقد ثبت بأن درجات الحرارة قد زادت بمقدار 0،06 درجة خلال 50 سنة الماضية من القرن العشرين، لذا يعد تغير المناخ ضغطا إضافيا على النظام البيئي، وأصبحت هذه المشكلة من اخطر المشاكل التي تواجه الغلاف الجوي.

وأشار تقرير الهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ بأن عدم معالجة انبعاثات الغازات الدفيئة الى الغلاف الجوي سيؤدي الى زيادة في درجات الحرارة تتراوح ما بين 1،4 – 5،8 درجة مئوية بحلول عام 2100، وقد لا يعير البعض أهمية لهذه المشكلة الخطيرة بزعم أنها ليست ذات اثر على الأمد القريب وبأن آثارها لاتظهر إلا في المستقبل وفي ظروف لا يستطيع احد تخمينها.

وقال خبراء في الجليد القطبي إن طبقة من الجليد في القارة القطبية الجنوبية في حجم ولاية تكساس الأمريكية آخذة في الذوبان ربما من جراء ارتفاع درجة حرارة الأرض وقد تتسبب في ارتفاع منسوب محيطات العالم بصورة ملحوظة.

وأضاف الخبراء بأن تغييرات سريعة على نحو مفاجئ أخذت تطرأ على خليج بحر أمندسن في القارة القطبية الجنوبية الذي يواجه المنطقة الجنوبية من المحيط الهادئ وأكدوا إن الحاجة تدعو أيضاً إلى إجراء مزيد من الدراسات لمعرفة سرعة ذوبان الجليد وإلى أي مدى يمكن أن يؤدي ذلك إلى ارتفاع منسوب سطح البحر.

وجاء التحذير في بيان مشترك صدر في ختام مؤتمر عقده خبراء أمريكيون وأوروبيون في الجليد القطبي في جامعة تكساس في مدينة أوستن. وألقى العلماء بالمسؤولية في ذوبان الجليد على تغيّر الرياح حول القارة القطبية الجنوبية التي

قالوا إنها تدفع المياه الأكثر دفئاً إلى التدفق تحت المنحدرات الجليدية. وأضاف العلماء أن تغيّر الرياح يبدو نتيجة لعدة عوامل من بينها ارتفاع درجة حرارة الأرض وتآكل طبقة الأوزون في الغلاف الجوي للأرض والتقلّبات الطبيعية، وقال العلماء إن ذوبان طبقة الجليد التي يبلغ سمكها 3.2 كم يتم رصده من الأقمار الصناعية بشكل أساسي لكن من غير المعروف مقدار الجليد الذي تعرض للذوبان نظراً لصعوبة الحصول على معلومات بشأن الطبقات الجليدية البعيدة.

وقال العلماء إن الدراسة تركز على خليج بحر امندسن نظراً لسرعة ذوبانه ووجود مياه تكفي لرفع منسوب مياه البحار في العالم بمقدار ستة أمتار أو ما يقرب من 20 قدماً.

وقال دونالد بلانكنشيب من معهد الفيزياء الجيولوجية في جامعة تكساس (إن المكان الذي يشهد اكبر تلك التغييرات هو خليج بحر أمندسن). وأضاف إن خليج بحر أمندسن آخذ في التغير لأنه ربما يُحدث تأثيراً كبيراً، وأضاف أن مناطق أخرى من القارة تفقد جليداً ولكن بصفة عامة ليس بهذه السرعة.

إن التغييرات في درجات الحرارة لها آثار بالغة الخطورة على مستقبل الأجيال المقبلة وهذه الآثار هي:

1. ستؤدي زيادة درجة الحرارة الى ذوبان الجليد والذي سيؤدي بدوره الى زيادة مناسيب البحار فضلا عن زيادة الإشعاع الشمسي الممتص، لأن الجليد يعكس حوالي 80– 80٪ من كمية الإشعاع الشمسي الساقط عليه.
2. لقد تأكد بأن زيادة درجة الحرارة العالمية خلال 100 سنة الماضية بمقدار 0،6 درجة مئوية قد صاحبه ارتفاع في مستوى سطح البحر ما بين 10 – 15 سم، ومع استمرار تراكيز هذه الغازات فمن المتوقع أن ترتفع درجة حرارة سطح الأرض بمقدار 3،5 درجة مئوية بحلول عام 2025 مما سيؤدي إلى ارتفاع مستوى سطح البحر بمعدل 10 – 20 سم، أما التقرير الصادر عن المؤتمر العالمي للمناخ عام 1988 فقد أفاد بأن هناك احتمالا مفاده بأن حرارة الارض

ستزيد بمقدار يتراوح ما بين 4،5 – 6،5 درجة مئوية خلال 100 سنة القادمة مما يؤدي الى ارتفاع مستوى سطح البحر ما بين 20– 40 سم.

3. احتمالية اختفاء بعض الجزر وغرق دلتا الأنهار والسهول الساحلية وسيزداد تآكل الشواطئ وتسرب المياه المالحة الى الخزانات الجوفية.

4. يتوقع العلماء بأن زيادة درجة الحرارة سيؤدي الى انتقال المناطق الزراعية من 200– 300 كم باتجاه الشمال، أي باتجاه القطب، مما يترتب عليه أضرارا كبيرة في المناطق الزراعية التقليدية.

5. إن الاختلال في توزيع الكتل الهوائية ومن ثم الاختلاف في طريقة توزيع مياه الأمطار عالميا سيؤدي الى تصحر الكثير من المناطق المعتمدة أساسا على هذه المياه.

المبحث الثاني:

الجهود الدولية في معالجة ظاهرة الاحتباس الحراري:

تشكل ظاهرة الاحتباس الحراري مصدر قلق حقيقي على النطاق العالمي. ويرى الكثير من الجهات الرسمية والعلمية أنه إذا لم تتخذ إجراءات حاسمة للحد من انبعاث الغازات الضارة بالبيئة فإن ذلك سيؤدي حتما إلى تفاقم تلك الظاهرة، والسير حثيثا نحو تغير مناخي سمته الأساسية ارتفاع درجة حرارة الأرض وما يترتب عليها من عواقب أخرى على الطبيعة.

ويبدو أن الاتجاه نحو هذه التغيرات يجري بمعدل أسرع مما كانت تتنبأ به المعطيات المناخية المعروفة، إذ تشير تقديرات علمية حديثة إلى أن درجات الحرارة في أجزاء مختلفة من الكرة الأرضية سترتفع بمقدار ضعف ما كانت تتوقعه الدراسات المناخية.

وتنبه تلك التقديرات إلى أن مستوى انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون المتزايد قد يقود إلى الاندثار الكمي للغابات والارتفاع الكبير لمستوى مياه البحار.

من شأن ذلك أن يزيد من وطأة التغيرات البيئية وبالتالي انخفاض مستوى الإنتاج الزراعي في العالم وما يترتب على ذلك من مشاكل اقتصادية وتنموية وغذائية ويتفق الكثيرون من المختصين والمهتمين على أن إحراق الغاز الطبيعي والنفط والفحم مما يسمى بالوقود الإحفوري، فضلا عن الأشكال الأخرى من التلوث التي مصدرها البشر، لها الحصة الأكبر في تفاقم ظاهرة الاحتباس الحراري خلال العقود القليلة الماضية.

وإذا ظلت الأمور سائرة على ما هي عليه دون تعاون دولي وجهود جادة من قبل الدول، فإن من المتوقع أن يصل انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون إلى حوالي أربعين مليار طن سنويا في نهاية القرن الحالي.

وتتضح أهمية هذا الرقم إذا ما قورن بمقدار الانبعاث في الوقت الحاضر البالغ سبعة مليارات طن سنويا، أي أن الانبعاث سيزيد بمقدار ثلاثة وثلاثين مليار طن سنويا.

وحتى لو تمسك البعض بالتقدير الأقل تشاؤما الصادر أوائل التسعينات والذي يشير إلى أن مقدار الانبعاث في نهاية القرن لا يتجاوز تسعة وعشرين مليار طن، فإن من شأن هذه الكمية أن تؤدي إلى اندثار واسع للغابات نتيجة إطلاق كميات كبيرة من الغاز المخزون في أشجارها مما سيزيد من ظاهرة الاحتباس.

وبعد أن أثبتت الأبحاث العلمية العديدة هذه الحقائق ومدى خطورة ومشكلة تغير المناخ والآثار الناجمة عنها، اتجه المجتمع الدولي إلى معالجة هذه الظاهرة. علما بأن هذه المشكلة أصبحت الشاغل الذي اهتم به السياسيون، وخاصة في أواسط الثمانينيات من القرن الماضي، وفي عام 1988 انشأ برنامج الأمم المتحدة وبالتعاون مع منظمة الأرصاد الجوية، الهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ. وكذلك أصدرت الجمعية العامة للأمم المتحدة قرارا في العام نفسه بشأن حماية المناخ العالمي لمصلحة الأجيال الحالية والمقبلة والتي أقرت فيه أن المناخ العالمي هو اهتمام مشترك للإنسانية.

أما في عام 1992 فقد عقدت اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ، وفي عام 1997 الحقت هذه الاتفاقية ببروتوكول كيوتو بشأن تغير المناخ الذي تضمن التزامات محددة من اجل الحد من هذه المشكلة.

اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ لعام 1992:

بعد الأخطار التي أدركها العالم بخصوص تغير المناخ والآثار التي تنجم عن هذه المشكلة الخطيرة، كان لابد من مواجهة هذه المشكلة بتعاون دولي جاد، ففي العام 1985 توصل عدد من العلماء وهم من دول مختلفة إلى الاستنتاج الآتي / "إن تغير المناخ يجب أن يعد احتمالاً واردا وجدياً".

وعلى هذا الأساس قام برنامج الأمم المتحدة للبيئة وبالتعاون مع منظمة الأرصاد الجوية في عام 1988 بإنشاء الهيئة الحكومية المعنية بتغير المناخ والتي كان الهدف من وراء إنشائها هو الحصول على الحقائق العلمية المدعمة بالبيانات ذات الصلة بتغير المناخ وتقويم الآثار البيئية والاقتصادية كي تستطيع وضع الخطط الواقعية لمواجهتها. وأصدرت هذه الهيئة في عام 1990 تقريرها الأول الذي بينت فيه بأن تغير المناخ يعد تهديدا حقيقيا للبيئة وطالبت بعقد اتفاقية عالمية لغرض مواجهة تلك الظاهرة. وكانت الجمعية العامة للأمم المتحدة أول من استجابت لهذه الدعوة وتبنت الدعوة إلى إجراء المفاوضات الرسمية بشأن عقد اتفاقية تغير المناخ وذلك بموجب قرارها المرقم 212/45 في كانون الأول /1990 من خلال اللجنة الحكومية للمفاوضات. وفي شباط عام 1991 عقدت هذه اللجنة أول اجتماعاتها لدراسة المشكلة، وخلصت إلى أن هناك عدة أمور صعبة تواجهها أمام إبرام الاتفاقية هي:-

1. إن إبرام هذه الاتفاقية يؤدي إلى تحمل الدول الأعضاء تكلفة اقتصادية لغرض إحداث التغيرات المطلوبة في القطاع الصناعي للحد من الانبعاثات الضارة.
2. ما زالت النتائج العلمية بشأن تأثيرات الغازات الدفيئة على المناخ العالمي غير مؤكدة.
3. عدم اهتمام الرأي العام العالمي بهذه القضية.

ولكن بعد العديد من المفاوضات تم التوقيع من قبل الحكومات على اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ وذلك في مؤتمر البيئة والتنمية الذي أطلق عليه قمة الأرض وعقد في ريو عام 1992، ودخلت الاتفاقية حيز النفاذ في 1994/3/21.

تعد هذه الاتفاقية نظاما أساسيا للتعاون يستعين به أطرافه في معالجة مشاكل تغير المناخ، ووصفت بأنها اتفاقية إطارية، فهي لم تلزم الأطراف بالتزامات محددة وان جاءت بعدد من المبادئ والمسؤوليات المختلفة (تنوع المسؤوليات) والتي يجب على الأطراف العمل بمقتضاها.

وجاءت هذه الاتفاقية بأهداف ومبادئ يجب على الأطراف الالتزام بها والعمل بموجبها، ومن هذه الأهداف: الوصول إلى تراكيز الغازات الدفيئة في الغلاف الجوي عند المستوى الذي يمنع حدوث تدخلات بشرية في نظام المناخ. أما المبادئ فقد نصت الاتفاقية على مبدأ التنمية المستدامة ومبدأ الحذر اللذين سبق بيانهما.

وفي شأن المسؤوليات التي ألقتها الاتفاقية على عاتق الدول الأطراف فهي:

1. اتخاذ الإجراءات الوقائية التي تمنع أو تقلل من الانبعاثات التي تسبب تغير المناخ، مع الأخذ بالحسبان الجانب الاقتصادي والاجتماعي لكل دولة.
2. على الدول أن تضمن برامجها في التنمية الوطنية السياسات التي تكفل حماية المناخ.
3. التعاون فيما بين الدول الأطراف في هذه الاتفاقية على حماية وتشجيع النظام الاقتصادي الدولي.
4. العمل على توعية الشعوب بخطورة هذه المشكلة لكي تكون تصرفاتهم باتجاه المساهمة في حماية المناخ والبيئة.

5. تشجيع التعاون التكنولوجي لتقليل انبعاثات الغازات الدفيئة من قطاعات الاقتصاد المختلفة كالطاقة والمواصلات والصناعة والزراعة والغابات وإدارة النفايات.

بروتوكول كيوتو لعام 1997:

تضمنت اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية لعام 1992 بشأن تغير المناخ عددا من المبادئ والتعهدات غير الملزمة لإطرافها. ولغرض إيجاد التزامات أكثر تحديدا ودقة، فقد الحقت هذه الاتفاقية ببروتوكول تضمن تلك الالتزامات هو بروتوكول كيوتو الذي عقد في كيوتو عام 1997 وذلك لتحقيق الأهداف التي جاءت بها الاتفاقية والمتمثلة بالحد من ظاهرة الاحتباس الحراري.

وكانت هناك ثلاث مسائل مهمة واجهها البروتوكول كانت محور مناقشات حادة بين الأطراف، وهذه المسائل هي:

1. حول مديات الخفض الملزمة للغازات.
2. حول مديات تحديد انبعاثات الدول النامية.
3. حول إذا ما كان السماح بالعمل بتجارة الانبعاثات والتنفيذ المشترك سيمهد السبيل لخفض حقيقي للانبعاثات.

وفتح باب التوقيع على البروتوكول في 1997/3/16 ودخل حيز النفاذ في 2005/2/16 بعد أن صادقت عليه 55 دولة بضمنها دول متقدمة تمثل نسبة انبعاثاتها من الغازات 55٪ من إجمالي الغازات الكاربونية المنبعثة في العالم.

أما أهم الالتزامات التي تقع على عاتق الدول الأطراف بموجب هذا البروتوكول فهي:

1. المحافظة على الغابات والعمل على زيادتها لغرض امتصاص الغازات الدفيئة المسببة لظاهرة الاحتباس الحراري.

2. تنظيم ورش بحث لتقدير انبعاثات الغازات الدفيئة ودراسة الآثار السلبية الناجمة عنها.
3. تطوير برامج التعليم والتدريب والتوعية العامة بخصوص تغير المناخ بما يسهم في التقليل من انبعاثات الغازات الدفيئة.
4. على الدول المتقدمة أن تخفض انبعاثات الغازات الدفيئة بمقدار 5٪ في الأقل خلال عامي 2008– 2012، وحدد البروتوكول الغازات التي يشملها الخفض وهي (ثاني اوكسيد الكاربون، الميثان، اوكسيد النتروجين، وثلاث مركبات فلوريـة هـي الهايـدروفلوروكاربون، كبريتـات الفلـور السداسـي، البيرفلوروكاربون).
5. تتحمل الدول المتقدمة تكاليف البحث والتطوير من اجل إيجاد مصادر جديدة للطاقة والتكنولوجيا الأقل ضررا للبيئة.
6. مساعدة الدول النامية في مواجهة الآثار السلبية لتغير المناخ.

التداعيات التي دفعت بالمجتمع الدولي إلى التعاون في معالجة ظاهرة الاحتباس الحراري:

تتوافر اليوم أدلة توضح أن إرتفاع درجة حرارة الجو وما سيصحبه من تغيرات مناخية سيكون له أثر كبير على النظم البيئية على سطح الأرض، ويرى بعض العلماء أنها قد تكون مفيدة ويرى البعض الآخر أنها ستكون ضارة. فمثلا؛ بينما قد تزيد إنتاجية بعض الغابات والمحاصيل فإن البعض الآخر قد تتدهور إنتاجيته.

كذلك بينما قد تزيد الأمطار (وبذلك مصادر المياه) في بعض المناطق من العالم فإنها قد تشح في بعض المناطق الأخرى، خاصة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، مسببة مشاكل كبيرة في موارد المياه.

وبالإضافة إلى ذلك، يؤكد فريق من العلماء البعض أن إرتفاع درجات الحرارة في العالم سيعجل بإرتفاع سطح البحر في السنوات المقبلة، وأن هذا الإرتفاع سيغرق بعض الجزر المنخفضة والمناطق الساحلية وسيؤدي إلى تشريد الملايين من البشر وإلى خسائر إقتصادية واجتماعية فادحة. ففي الهند مثلا قدر أن حوالي 5700 كيلومتر مربع من المناطق الساحلية سوف تتعرض للغرق مما سيؤدى إلى هجرة 7.1 مليون شخص وإلى خسائر مادية قدرت بحوالي 50 بليون دولار. وفي فيتنام قدرت الخسائر التي قد تنجم عن إرتفاع سطح البحر بحلول عام 2070 بحوالي 2 بليون دولار. في حين أن البعض الآخر يقول أن ما سيحدث هو إنخفاض في سطح البحر واحتمال لظهور عصر جليدي جديد.

ويوضح الفريق الحكومي الدولي المعنى بتغير المناخ في تقريره الأخير إن التغيرات المناخية المحتملة ستختلف في تداعياتها من قارة إلى أخرى، ومن منطقة إلى أخرى داخل نفس القارة. وان الإتجاهات الرئيسية لهذه التداعيات ستكون على الوجه الآتي:-

1. في أفريقيا:

يتوقع زيادة ظاهرة الجفاف في القارة بصورة عامة، وفى الجزء الجنوبي الشرقي منها بصورة خاصة، مصحوبا بظاهرة التقلبات الجوية المعروفة باسم الإنزو ENSO، بينما تزداد معدلات سقوط الأمطار على الجبال العالية في شرق أفريقيا وفي الجزء الأوسط الواقع على خط الاستواء من القارة.

ونتيجة للزيادة في عدد السكان سوف تتعرض الغابات لمزيد من الإزالة لاستخدام الأرض في الزراعة أو التوسع العمراني، في حين إن ارتفاع درجة حرارة الجو سيؤدى إلى تغيير أنماط النماذج الإحيائية للنباتات والحيوانات، وكل هذا سوف تكون له تداعيات سلبية على التنوع البيولوجي في القارة الأفريقية. أما في المناطق الساحلية فسوف يؤدى ارتفاع مستوى سطح البحر إلى غمر أجزاء كبيرة من المناطق الساحلية المنخفضة في شمال أفريقيا، وخاصة شمال دلتا النيل، وفى الجزء

الأوسط من غرب أفريقيا. وسينتج عن هذا فقدان مساحات من الأراضي الزراعية والمنشآت المختلفة، كما سيؤدى أيضا إلى التأثير على إنتاجية الأراضي الزراعية المجاورة، لزيادة ارتفاع منسوب المياه المالحة. ومن المتوقع أن تؤدي التغيرات المناخية في القارة الأفريقية إلى زيادة وتغير أنماط هجرة السكان تجنبا لما سيحدث من جفاف وأخطار أخرى، وسوف يترتب على هذا إندفاع التجمعات البشرية إلى هجرات عن أماكنها المعتادة، بما ينشأ عنه نماذج اجتماعية لم تكن معتادة وبالتالي تتغير أنماط الاستيطان والسياحة والصناعة والنقل والصحة وما يتبع ذلك.

2. في غرب آسيا والشرق الأوسط:

من المتوقع أن تظل المنطقة في عمومها قاحلة قليلة الأمطار. أما بالنسبة لبعض المناطق الساحلية المرتفعة فسيزداد معدل الأمطار عليها قليلا مع ارتفاع في درجة الحرارة والبخار بصفة عامة.

3. في أوربا:

من المتوقع أن يزداد معدل سقوط الأمطار شمال وغرب أوروبا مع احتمالات حدوث فيضانات، أما جنوب القارة وشرقها، فسوف يتعرضان لقلة سقوط الأمطار مع احتمالات الجفاف في بعض المناطق. وسوف يؤدي الارتفاع العام في درجة الحرارة، وارتفاع مستوى البحر إلى غرق الأجزاء الساحلية المنخفضة خاصة في غرب أوروبا وشمالها مع التعرض لموجات حارة تؤثر على الزراعات ومعدلات إنتاج المحاصيل.

4. في استراليا ونيوزيلندا:

من المتوقع أن تنخفض معدلات ومدة سقوط الثلوج في المناطق المعرضة ولذلك سوف تزداد معدلات سقوط الأمطار في أماكن سقوطها الحالية، بما يشكل احتمالات حدوث فيضانات في بعض المناطق، كما سوف تتعرض المناطق الساحلية المنخفضة للتآكل.

5. في القطبين الشمالي والجنوبي:

سوف يتقلص الغطاء الثلجي للقطبين الشمالي والجنوبي بنحو 150 – 550 كم، حيث تجد الثلوج الذائبة طريقها إلى البحر ليرتفع مستواه بنحو 15 – 95 سم، بما يستتبعه تغير الأنماط الأحيائية في هذين القطبين والبحار عما اعتادت عليه منذ آلاف السنين.

المصادر والمراجع

أولا: المراجع العربية:

1. التلوث الهوائى والبيئة – الجزء الثاني، د./ طلعت ابراهيم، الناشر الهيئة العامة للكتاب، 1994
2. التلوث مشكلة اليوم والغد، د./ توفيق محمد قاسم ، الناشر الهيئة العامة للكتاب 1995
3. انهم يقتلون البيئة، د./ ممدوح حامد عطية 1997
4. تلوث البيئة في مصر المخاطر والحلول، مبروك سعد النجار، الناشر الهيئة العامة للكتاب.
5. القمامة.. نفايات.. ام ثروات، ا.د./ محمد مختار الحلوجى، الناشر الهيئة العامة للكتاب نوفمبر 1987
6. ماجد راغب الحلو – قانون حماية البيئة، المكتبة القانونية لدار المطبوعات الجامعية، الإسكندرية، 1999م.
7. كمال شرقاوي غزالي – التلوث البيئي العقدة والحل،الدار العربية للنشر،1996م
8. نبيل احمد حلمي: الحماية القانونية الدولية للبيئة من التلوث. دار النهضة العربية للطبع والنشر والتوزيع، القاهرة، 1991م.
9. سعيد سالم جويلي – مواجهة الأضرار بالبيئة بين الوقاية والعلاج، جامعة الامارات،1999م
10. د. محمد عبد الرحمن الدسوقي – الالتزام الدولي بحماية طبقة الأوزون في القانون الدولي – دار النهضة – القاهرة – 2002
11. محمد خميس الزوكه – البيئة ومحاور تدهورها وأثارها على صحة الانسان_ دارالمعرفةا لجامعية– سنة 2000
12. حسن أحمد شحاته، تلوث الهواء القاتل الصامت وكيفية مواجهته الطبعة الأولي– مكتبة الدار العربية للكتاب

13. فادية إبراهيم الصادق – تلوث البيئة وأضرارها على طبقة الأوزون 2000–2002.

14. عبدالعزيز طريح شرق – التلوث البيئي حاضره ومستقبله– مركز الاسكندرية للكتاب 1999.

15. على عبدالله سعد– مصادر تلوث الهواء الجوي– منشورات الجامعة المفتوحة 2004.

16. شامخ عزابته وأخرون – المدخل إلى العلوم البيئية– دار الشروق للنشر والتوزيع– الطبعة الثالة 2000

17. سينيثا بولوك شي – حماية الحياة على الأرض – خطوات لإنقاذ طبقة الأوزون – ترجمة د. أنور عبد الواحد – الدار الدولية للنشر والتوزيع – القاهرة – 1992.

18. كينث ميللبيني – بايولوجيا التلوث – ترجمة د. كامل مهدي التميمي – وزارة الثقافة والإعلام – بغداد – 1994.

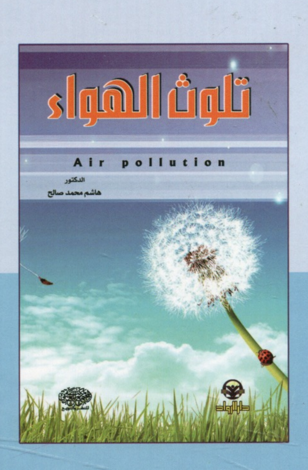
19. شامخ عزابته وأخرون – المدخل إلى العلوم البيئية_دار الشروق للنشر والتوزيع– الطبعة الثالة 2000

20. د. عبد الواحد محمد الفار – القانون الدولي العام – دار النهضة العربية – القاهرة – 1994.

21. د. أحمد عبد الوهاب عبد الجواد– تلوث الهواء– الدار العربية للنشر والتوزيع – القاهرة– الطبعة الاولى 1991.

ثانيا: المراجع الأجنبية:

1. Alexander Kiss and Dinsh Shelton – International Environmental Law – London – 1991.
2. David Hunter James Salzman and Durwoed Zaeke – International Environment Law and Policy – 2nd Edition – New York – 2002.
3. Gallwys Mission – International Environment Law – London – 1995.
4. Dr. Najeeb Al-Nauimi and Richard Meeese – International Legal Issues Arising Under The United Nations Decade of International Law – Hague , Boston and London – 1995 .
5. Alexander Kiss and Dinsh Shelton – International Environmental Law – London – 1991.
6. David Hunter James Salzman and Durwoed Zaeke – International Environment Law and Policy – 2nd Edition – New York – 2002.
7. Gallwys Mission – International Environment Law – London – 1995.
8. Dr. Najeeb Al-Nauimi and Richard Meeese – International Legal Issues Arising Under The United Nations Decade of International Law – Hague , Boston and London – 1995



تلوث الهواء



الأردن-عمان-وسط البلد- ش. السلط - مجمع ... +962
خلوي 5651920 79 962+ ص.ب 8244 ...
الأردن - عمان - الجامعة الأردنية - ش. الملكة رانيا العبدالله - مقابل كلية الزراعة - مجمع زهدي حصوة التجاري
www.muj-arabi-pub.com
E-mail:Moj_ pub@hotmail.com



الوكيل المعتمد في ليبيا



نشر - طباعة - توزيع
ليبيا - طرابلس - مجمع ذات العماد - برج 4 - الطابق الأرضي
هاتف: 218213350332/33+ فاكس: 218213350016+
ص. ب: 91969
البريد الإلكتروني: alrowadbooks@yahoo.com
الموقع: www.arrowad.ly